

**PENGARUH KONSENTRASI LARUTAN PENGAWET DAN
LAMA SIMPAN BAMBU BETUNG (*Dendrocalamus asper*)
TERHADAP LAJU DIFUSI ION BORAKS DAN BORAT**

SKRIPSI

oleh :
DHANDHI PRIYAT MBODO
0310920017-92



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2008**

**PENGARUH KONSENTRASI LARUTAN PENGAWET DAN
LAMA SIMPAN BAMBU BETUNG (*Dendrocalamus asper*)
TERHADAP LAJU DIFUSI ION BORAKS DAN BORAT**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Kimia

oleh :

DHANDHI PRIYAT MBODO

0310920017-92



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2008**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PENGARUH KONSENTRASI LARUTAN PENGAWET DAN LAMA SIMPAN BAMBU BETUNG (*Dendrocalamus asper*) TERHADAP LAJU DIFUSI ION BORAKS DAN BORAT

oleh :

DHANDHI PRIYAT MBODO

0310920017-92

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal.....
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Kimia

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Diah Mardiana, MS

NIP 131 960 436

Dra. Anna Roosdiana, M.App.Sc

NIP 132 000 070

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya**

M. Farid Rahman, S.Si., M.Si

NIP. 132 158 726

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : DHANDHI PRIYAT MBODO

NIM : 0310920017-92

Jurusan : Kimia

Penulis skripsi berjudul :

**“PENGARUH KONSENTRASI LARUTAN PENGAWET DAN
LAMA SIMPAN BAMBU BETUNG (*Dendrocalamus asper*)
TERHADAP LAJU DIFUSI ION BORAKS DAN BORAT”**

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Isi dari skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam skripsi ini.
2. Apabila dikemudian hari ternyata skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.
Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, Nopember 2008
yang menyatakan,

(DHANDHI PRIYAT MBODO)
NIM. 0310920017-92

PENGARUH KONSENTRASI LARUTAN PENGAWET DAN LAMA SIMPAN BAMBU BETUNG (*Dendrocalamus asper*) TERHADAP LAJU DIFUSI ION BORAKS DAN BORAT

ABSTRAK

Bambu merupakan tanaman yang dapat digunakan sebagai bahan alternatif pengganti kayu. Namun, keawetan bambu sangat rendah, sehingga untuk memanfaatkan bambu secara optimal diperlukan pengawetan agar bambu memiliki ketahanan lebih lama. Laju difusi pengawet borat ke dalam bambu dipengaruhi oleh konsentrasi ion borat dan kelembaban bambu yang diawetkan. Oleh karena itu, pada penelitian ini dipelajari pengaruh konsentrasi ion borat dan lama simpan bambu terhadap laju difusi pengawet borat pada bambu. Proses pengawetan dilakukan dengan metode difusi rendaman dalam secara vertikal menggunakan larutan borat dengan variasi konsentrasi 4%, 6%, 8% dan 10% (b/v). Perbandingan mol boraks dan asam borat dalam larutan adalah 3:2. Sedangkan variasi lama simpan bambu yang digunakan adalah selama 24, 48, 72, 96, 120 jam. Penentuan jumlah mol ion $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ dan BO_3^{3-} yang berdifusi dilakukan dengan menggunakan analisis volumetri. Hasil menunjukkan bahwa laju difusi ion $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ dan ion BO_3^{3-} tertinggi diperoleh pada konsentrasi pengawet borat 10% dengan nilai sebesar $0,3883 \text{ mmol mm}^{-1} \text{ jam}^{-1}$ dan $0,5329 \text{ mmol mm}^{-1} \text{ jam}^{-1}$. Sedangkan variasi lama simpan bambu dengan analisis statistik uji F dengan nilai $F_{\text{hitung}} (2,49) < F_{\text{tabel}} (3,48)$ pada tingkat kepercayaan 95% tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap laju difusi ion $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ dan ion BO_3^{3-} .

THE INFLUENCE OF PRESERVATIVE CONCENTRATION AND BAMBOO (*Dendrocalamus asper*) STORAGE TERM TO THE DIFFUSION RATE OF BORAX AND BORATE

ABSTRACT

Bamboo is a plant which has many uses for human life. It can be found as a building materials, household-wares, handicrafts, etc. However, it has low self life and easy to be attacked by borer. Therefore, bamboo is needed to preserving. The diffusion rate of borate-preservative in bamboo was influenced by humidity and borate-ion concentration. The humidity of bamboo will decrease during storage by evaporation. In this research, the influence of borate-ion concentration and bamboo storage to the diffusion rate of borate-preservative in bamboo were studied. It had been done by vertical soaking diffusion method in borate-solution as preservative. The various borate-ion concentrations were 4%, 6%, 8%, and 10% (b/v) within 3 mol : 2 mol of borax - boric acid ratio. Whereas, various bamboo storage times was at 24, 48, 72, 96, 120 hours. The number of borate which difused into bamboo was determined by volumetric analysis. The result showed that the diffusion rate of $B_4O_7^{2-}$ and BO_3^{3-} ions were highest at 10% of borate-ion concentration, which were $0.3883 \text{ mmol mm}^{-1} \text{ hour}^{-1}$ and $0.5329 \text{ mmol mm}^{-1} \text{ hour}^{-1}$ respectively. At the time that, the variation of bamboo storage times did not show significant differences on the diffusion rate of both $B_4O_7^{2-}$ and BO_3^{3-} by F statistical analysis on 95% confidence level.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **Pengaruh Konsentrasi Larutan Pengawet dan Lama Simpan Bambu Betung (*Dendrocalamus asper*) terhadap Laju Difusi Ion Boraks dan Borat**. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dalam bidang kimia di Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang.

Penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung selama pelaksanaan penelitian. Ungkapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Dr. Diah Mardiana, MS. selaku Dosen Pembimbing I atas segala bimbingan, tenaga, pikiran, kesabaran dan segala sesuatu yang telah diberikan selama penyusunan skripsi ini.
2. Dra. Anna Roosdiana, M. App. Sc. selaku Dosen Pembimbing II atas bimbingan dan kesabaran yang diberikan selama penyusunan skripsi ini.
3. Drs. Warsito, MS, Dr. Atikah, Apt. MSi, Drs. Danar P, MSi, Arie Srihardyastuti, S.Si, M.Kes selaku dosen penguji atas segala masukan dan saran yang diberikan untuk perbaikan naskah skripsi ini.
4. Dr. drh. Aulanni'am, DES selaku dosen penasehat akademik atas nasehat dan perhatiannya selama melaksanakan studi.
5. Kedua orang tua yang selalu mengiringi dengan doa, perhatian dan kasih sayang serta dukungan hingga terselesainya skripsi ini.
6. Semua pihak dan teman-teman di Jurusan Kimia atas doa dan dukungannya.

Penulis juga menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, maka dari itu dengan kerendahan hati, penulis mengharap kritik dan saran yang bersifat membangun guna perbaikan dan penyempurnaan sehingga dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, Nopember 2008

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Karakteristik Bambu.....	4
2.2. Senyawaan Boron sebagai Bahan Pengawet	6
2.3. Difusi Ion	8
2.4. Penentuan Konsentrasi Ion Borat dengan Metode Volumetri.....	9
2.5. Hipotesis	10
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	11
3.2. Bahan dan Alat Penelitian.....	11
3.2.1. Bahan penelitian	11
3.2.2. Alat penelitian.....	11
3.3. Tahapan Penelitian	11
3.4. Cara Kerja Penelitian	12
3.4.1. Pembuatan larutan pengawet borat.....	12
3.4.2. Preparasi sampel bambu	12
3.4.3. Difusi larutan borat dalam bambu	12

3.4.3.1. Pengaruh konsentrasi larutan pengawet borat.....	12
3.4.3.2. Pengaruh lama simpan batang bambu ..	13
3.4.4. Pengukuran jarak tempuh larutan pengawet ...	13
3.4.5. Penentuan sisa $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$	13
3.4.6. Penentuan sisa H_3BO_3	13
3.5. Analisa Data.....	13

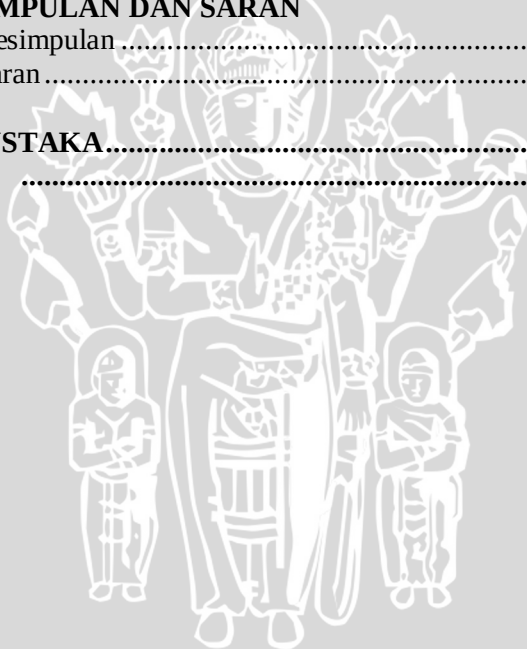
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengaruh Konsentrasi Pengawet terhadap Laju Difusi.....	15
4.2. Pengaruh Lama Simpan Bambu terhadap Laju Difusi.....	18

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	21
5.2. Saran	21

DAFTAR PUSTAKA.....	22
LAMPIRAN	25



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 4.1. Grafik hubungan antara laju difusi ion pengawet pada berbagai konsentrasi awal.....	16
Gambar 4.2. Struktur molekul senyawa boraks dan asam borat.....	17
Gambar 4.3. Grafik hubungan konsentrasi pengawet terhadap perubahan pH larutan	18
Gambar 4.4. Grafik hubungan antara laju difusi ion pengawet pada berbagai lama simpan bambu	19
Gambar 4.5. Grafik hubungan antara perubahan pH dan volume larutan terhadap lama simpan bambu.....	20
Gambar L.10. Gambar preparasi sampel bambu betung.....	52

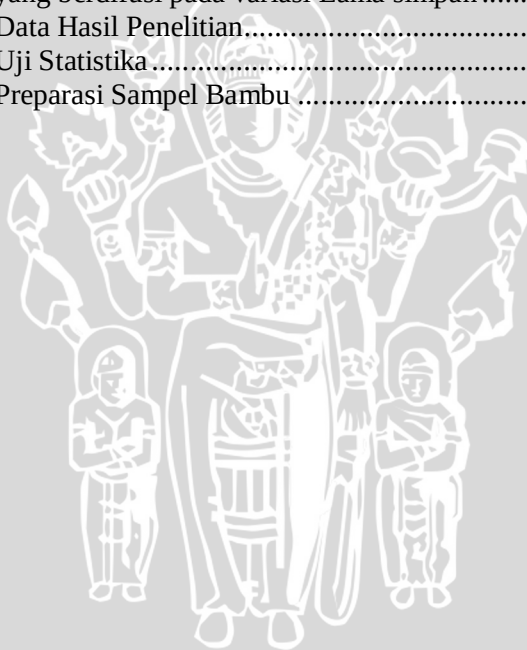


DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Sifat fisik dan mekanik bambu	5
Tabel 2.2. Analisis sifat kimia bambu	5
Tabel 2.3. Penetrasi persenyawaan boron pada lima jenis bambu.....	7
Tabel 2.4. Penembusan bahan pengawet pada bambu yang direndam secara vertikal.....	8
Tabel L.4. Komposisi boraks dan asam borat	32
Tabel L.6.1. Hasil perhitungan jumlah ion $B_4O_7^{2-}$ yang berdifusi	39
Tabel L.6.2. Hasil perhitungan jumlah ion BO_3^{3-} yang berdifusi	39
Tabel L.7.1. Hasil perhitungan jumlah ion $B_4O_7^{2-}$ yang berdifusi	42
Tabel L.7.2. Hasil perhitungan jumlah ion BO_3^{3-} yang berdifusi	42
Tabel L.8.1.1. Data pengamatan I variasi konsentrasi.....	43
Tabel L.8.1.2. Data pengamatan II variasi konsentrasi	43
Tabel L.8.1.3. Data pengamatan III variasi konsentrasi	44
Tabel L.8.2.1. Data pengamatan I variasi lama simpan.....	44
Tabel L.8.2.2. Data pengamatan II variasi lama simpan	45
Tabel L.8.2.3. Data pengamatan III variasi lama simpan	45
Tabel L.8.3. Data jarak tempuh difusi larutan pengawet borat pada batang bambu variasi konsentrasi.....	46
Tabel L.8.4. Data jarak tempuh difusi larutan pengawet borat pada batang bambu variasi lama simpan.....	46
Tabel L.9.1. Data pengaruh konsentrasi larutan pengawet borat terhadap laju difusi ion $B_4O_7^{2-}$	47
Tabel L.9.2. Data pengaruh konsentrasi larutan pengawet borat terhadap laju difusi ion BO_3^{3-}	48
Tabel L.9.3. Data pengaruh lama simpan bambu terhadap laju difusi ion $B_4O_7^{2-}$	50
Tabel L.9.4. Data pengaruh lama simpan bambu terhadap laju difusi ion BO_3^{3-} yang berdifusi	51

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Diagram Alir Penelitian	25
Lampiran 2. Preparasi Bahan	26
Lampiran 3. Penentuan Laju Difusi.....	28
Lampiran 4. Pembuatan Larutan	31
Lampiran 5. Perhitungan Pembuatan Larutan.....	33
Lampiran 6. Contoh Perhitungan mol Boraks dan Asam Borat yang berdifusi pada berbagai Konsentrasi.....	37
Lampiran 7. Contoh Perhitungan mol Boraks dan Asam Borat yang berdifusi pada variasi Lama simpan	40
Lampiran 8. Data Hasil Penelitian.....	43
Lampiran 9. Uji Statistika	47
Lampiran 10. Preparasi Sampel Bambu	52



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Bambu dapat digunakan sebagai bahan alternatif pengganti kayu. Di beberapa negara Asia, seperti India, bambu digunakan sebagai bahan baku industri pulp dan kertas. Bahkan, karena sifat fisiknya yang kuat, bambu juga telah digunakan untuk berbagai konstruksi bangunan, peralatan rumah tangga, serta bahan-bahan kerajinan. Selain relatif lebih murah, bambu juga dapat dipanen dalam waktu yang relatif lebih cepat dibandingkan kayu (Dede dkk, 2007).

Penggunaan bambu di masyarakat, kadang-kadang memiliki beberapa keterbatasan. Barang-barang yang berasal dari bambu khususnya yang dikuliti dan dalam keadaan basah mudah diserang oleh jamur, sedangkan bambu bulat utuh dalam keadaan kering dapat diserang oleh serangga bubuk kering dan rayap kayu kering (Sutigno, 2000).

Keawetan bambu sangatlah rendah, maka untuk memanfaatkan bambu secara optimal diperlukan pengawetan. Beberapa kalangan pengguna bambu telah melakukan pengawetan dengan menggunakan boraks, campuran naftalena dengan kerosin, atau pengasapan dengan belerang. Namun sejauh ini belum diketahui efektifitas bahan-bahan kimia yang digunakan dan metode pengawetan yang dilaksanakan (Krisdianto dkk, 2006).

Penggunaan senyawaan boron dalam pengawetan bambu apus dan bambu hitam dilakukan oleh Supriana dkk (1987). Hasil pengawetan menunjukkan bahwa bambu apus dan bambu hitam dapat diawetkan dengan proses rendaman dingin masing-masing selama satu dan tiga hari pada konsentrasi tiga persen. Permadi dan Sumarni (1995) menggunakan metode Bouchéri untuk pengawetan bambu segar dengan variasi lama perendaman 2, 4, 6, dan 8 hari. Bahan bambu yang digunakan adalah bambu andong dan bambu tali, dengan bahan pengawet boraks ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) konsentrasi 5%. Pengawetan dengan metode Bouchéri dilakukan dengan merendam bagian bawah batang bambu ke dalam larutan pengawet dan tidak memotong daun dan rantingnya, agar proses asimilasi dan penyerapan bahan makanan tetap berlangsung. Penetrasi pengawet boraks tertinggi bambu andong adalah pada perendaman 8 hari rata-

rata 469,88 cm. Sedangkan pada bambu tali dengan lama rendaman 6 hari rata-rata 151,37 cm.

Abdurrochim, 1982 menggunakan larutan asam borat dan boraks (*boric acid equivalent*) dengan konsentrasi 10% dan larutan Wolmanit CB 10% terhadap dua belas jenis bambu baik bulat utuh maupun dibelah di antaranya bambu apus, bambu hitam, bambu betung, dan bambu andong. Penetrasi persenyawaan boron rata-rata tertinggi pada rendaman selama 1 hari dan 5 hari pada bambu yang dibelah maupun bulat utuh.

Kemampuan bahan pengawet agar dapat berdifusi dengan baik juga dipengaruhi oleh ketebalan dinding dan kelembaban bambu yang diawetkan. Bambu yang disimpan terlebih dahulu baik secara vertikal maupun horisontal dalam beberapa hari sebelum perlakuan pengawetan, menyebabkan daya adsorpsi batang bambu menurun terhadap distribusi bahan pengawet (Permadi, 1992). Namun, sejauh ini belum ada upaya untuk mengetahui hubungan antara kelembaban bambu dengan persentase penetrasi larutan pengawet.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini dipelajari pengaruh konsentrasi larutan pengawet dan lama simpan bambu betung terhadap laju difusi ion boraks dan borat.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh konsentrasi larutan pengawet terhadap laju difusi ion boraks dan borat.
2. Bagaimana pengaruh lama simpan batang bambu yang akan diawetkan terhadap laju difusi ion boraks dan borat.

1.3. Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada :

1. Jenis bambu yang digunakan dalam penelitian ini adalah bambu betung (*Dendrocalamus asper*) yang berasal dari Desa Kuwolu, Kecamatan Bululawang, Malang.
2. Bahan pengawet yang digunakan adalah campuran boraks dan asam borat dengan konsentrasi 4%, 6%, 8%, dan 10% (b/v).
3. Waktu kontak larutan pengawet dengan bambu adalah 24 jam
4. Lama penyimpanan batang bambu setelah ditebang yaitu 24, 48, 72, 96 dan 120 jam.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mempelajari pengaruh konsentrasi larutan pengawet terhadap laju difusi ion boraks dan borat.
2. Mempelajari lama simpan batang bambu terhadap laju difusi ion boraks dan borat.

1.5. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai proses pengawetan bambu sehingga dapat diterapkan pada industri pengolahan bambu maupun masyarakat secara luas.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Karakteristik Bambu

Tanaman bambu dapat ditemukan di Indonesia sekitar 60 jenis, tetapi tidak semuanya merupakan tanaman asli Indonesia. Tanaman bambu di Indonesia dapat ditemukan di daratan rendah sampai pegunungan dengan ketinggian sekitar 300 m di atas permukaan laut. Pada umumnya ditemukan di tempat-tempat terbuka dan daerah bebas dari genangan air. Adapun beberapa jenis bambu yang terpenting dan digunakan untuk bahan konstruksi antara lain (Felix, 1983) :

- a. *Gigantochloa apus* (bambu tali)
- b. *Gigantochloa verticillata* (bambu andong)
- c. *Dendrocalamus asper* (bambu petung)
- d. *Gigantochloa atter* (bambu hitam)
- e. *Bambusa bambos* (bambu duri)

Bambu tumbuh hampir di semua daerah dan memiliki banyak manfaat penting bagi masyarakat. Bambu terbagi menjadi 2 jenis utama: bambu rumpun (*sympodial*) yang tumbuh di daerah tropis dan bambu rambat (*monopodial*) yang tumbuh di daerah subtropis. Bambu adalah sejenis rumput yang tak berhingga (*pereunisi grass*) dengan batang batang yang berkayu (*woody steam, culm*), jadi anatominya sangat berbeda dengan kayu.

Sifat dasar bambu mencakup anatomi, sifat fisik dan mekanik serta sifat kimia.

a. Anatomi

Kolom bambu terdiri atas sekitar 50% parenkim, 40% serat dan 10% sel penghubung (Dransfield dan Widjaja, 1995). Parenkim dan sel penghubung lebih banyak ditemukan pada bagian dalam dari kolom, sedangkan serat lebih banyak ditemukan pada bagian luar. Susunan serat pada ruas penghubung antar buku memiliki kecenderungan bertambah besar dari bawah ke atas sementara parenkimnya berkurang.

b. Sifat Fisik dan Mekanik

Sifat fisik dan mekanik merupakan informasi penting guna memberi petunjuk tentang cara pengerjaan maupun sifat barang yang dihasilkan. Hasil pengujian sifat fisik dan mekanik bambu telah diberikan oleh Hadjib dan Karnasudirdja (1986). Pengujian

dilakukan pada tiga jenis bambu, yaitu bambu andong (*Gigantochloa verticillata*), bambu bitung (*Dendrocalamus asper* Back.) dan bambu ater (*Gigantochloa ater* Kurz.). Nilai rata-rata sifat fisik dan mekanik bambu terdapat pada Tabel 2.1.

Beberapa faktor yang mempengaruhi sifat fisik dan mekanik bambu adalah umur, posisi ketinggian, diameter, tebal daging bambu, posisi beban (pada buku atau ruas), posisi radial dari luas sampai ke bagian dalam dan kadar, air bambu.

Tabel 2.1 Sifat fisik dan mekanik bambu

No	Sifat fisis dan mekanis	bambu ater	bambu betung	bambu andong
1.	Keteguhan lentur maksimum (kg/cm^2)	533,05	342,47	128,31
2.	Modulus elastisitas (kg/cm^2)	89152,5	53173,0	23775,0
3.	Keteguhan tekan sejajar serat (kg/cm^2)	584,31	416,57	293,25
4.	Berat jenis (kg/m^3)	0,71	0,68	0,55

Sumber : Hadjib dan Karnasudirdja (1986)

c. Sifat Kimia

Beberapa sifat kimia bambu hasil penentuan Gusmailina dan Sumadiwangsa (1988) meliputi penetapan kadar selulosa, lignin, pentosan, abu, dan silika dicantumkan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Analisis sifat kimia bambu

No.	Parameter kimia	kadar (%)
1.	selulosa	42,4-53,8
2.	lignin	19,8-26,6
3.	pentosan	17,5-21,2
4.	abu	1,24-3,77
5.	silika	0,10-1,78

2.2. Senyawaan Boron sebagai Bahan Pengawet

Natrium tetraborat dekahidrat atau yang umum disebut sebagai boraks merupakan senyawa anorganik berhidrat dengan rumus kimia $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ berbentuk kristal padat berwarna putih atau kadang-kadang agak abu-kebiruan. Senyawa ini tidak berbau, larut dalam air, dan tidak larut dalam alkohol. Di alam dapat ditemukan dalam air danau asin dan tanah yang bersifat basa. Senyawa ini memiliki titik leleh 75°C , titik didih dalam bentuk anhidratnya 320°C dan mempunyai berat jenis $1,73 \text{ g cm}^{-3}$ serta ukuran partikelnya 60 mesh. Larutan boraks dengan konsentrasi 0,1 N mempunyai pH 9,5 (Mulyono, 2005).

Boraks biasanya digunakan dalam industri farmasi sebagai ramuan bahan baku obat seperti salep, bedak, larutan kompres, dan obat oles mulut. Masyarakat mengenal borak sebagai bleng, baik berbentuk larutan maupun padat (kristal). Penggunaan lain adalah sebagai pengawet kayu, anti septik kayu, pengontrol kecoa, digunakan dalam industri gas dan enamel, dan sebagai larutan baku di laboratorim kimia (Anonymous, 2007).

Asam borat, asam ortoborat, oksida borat, atau oksida boron merupakan asam anorganik dengan rumus kimia H_3BO_3 berupa serbuk kristal tak berwarna dan tak berasa. Asam borat tergolong asam sangat lemah dengan berat molekul 61,83 g/mol, densitas 1,435 g/mL, titik leleh 169°C , dan titik didih 300°C (Roberts, 1987). Asam borat dibuat dengan cara menambahkan asam sulfat atau asam klorida pada boraks. Senyawa ini sering digunakan sebagai antiseptik ringan pada permukaan kulit yang terluka atau luka bakar, penyusun utama pada pembersih mata, dan sebagai katalis pada beberapa reaksi kimia organik. Larutan borat dengan konsentrasi 0,1 N mempunyai pH 5,2 (Mulyono, 2005).

Serangga, kutu ataupun bubuk yang menyerang bambu akan mati saat mencerna pati bambu yang mengandung asam borat dan atau garam borat. Hal ini disebabkan boron bersifat abrasif terhadap kerangka luar dari serangga (Mulyono, 2005). Penggunaan larutan campuran asam borat dan garamnya akan menghasilkan larutan buffer yang dapat menjaga kondisi pada pH basa sehingga mampu menghentikan aktifitas enzim selulase, dalam saluran pencernaan hama penggerek, yang memiliki pH optimum mencapai 4,5-6,0 (Henrissat, 2006). Akibatnya, selulosa tidak dapat dihidrolisis

menjadi glukosa sebagai bahan makanan utama dari serangga, rayap, maupun bubuk perusak bambu.

Campuran kedua senyawa yaitu boraks dan asam borat dapat berdifusi dengan baik sebagai pengawet bambu karena dalam pelarut air membentuk ionnya. Molekul borat dalam bentuk ion memiliki mobilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan bentuk molekulnya. Selain itu, asam borat dan boraks bila dicampurkan akan mempunyai kelarutan lebih tinggi dibandingkan dengan senyawa murninya.

Pengawetan dengan cara rendaman dingin menggunakan larutan asam borat dan boraks (*boric acid equivalent*) 10% terhadap dua belas jenis bambu telah dilakukan oleh Abdurrochim (1982). Hasil penetrasi persenyawaan boron pada lima jenis bambu dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Penetrasi persenyawaan boron pada lima jenis bambu

No.	Jenis bambu	Potongan	Penetrasi boron pada variasi lama rendaman (%)				
			1 hari	3 hari	5 hari	7 hari	Rata-rata
1.	Ampel hijau (<i>Bambusa vulgaris</i> Schard)	dibelah bulat	77,6 45,3	65,4 73,3	93,7 61,9	50,7 21,0	72,0 50,4
2.	Ampel kuning (<i>Bambusa vulgaris</i> Schard)	dibelah bulat	83,4 51,3	83,9 67,2	80,1 77,0	75,5 32,1	80,7 56,9
3.	Andong (<i>Gigantochloa verticillata</i> (Wild.) Munro.)	dibelah bulat	67,0 41,2	64,1 33,0	64,8 49,2	68,2 22,3	66,0 36,4
4.	Apus (<i>Gigantochloa apus</i> (Bl.ex Schult.f.) Kurz.)	dibelah bulat	75,1 35,6	66,8 28,5	68,9 36,7	68,7 51,1	69,9 38,0
5.	Betung (<i>Dendrocalamus asper</i> (Schult.f.) Kurz.)	dibelah bulat	65,7 24,3	63,7 26,2	67,2 44,6	63,4 25,8	65,0 30,2

Sumber : Abdurrochim (1982)

Pengawetan pada jenis bambu yang sama dan telah dibelah berpengaruh sangat nyata terhadap penetrasi senyawaan boron sehingga proses pengawetan akan lebih efisien pada bambu yang telah dibelah dibanding bambu bulat utuh.

Pengawetan batang bambu andong dan bambu betung menggunakan bahan pengawet boraks ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) 5% yang dilakukan secara vertikal hingga 4 minggu menghasilkan ketahanan

bambu yang relatif sama (Permadi, 1992). Rendaman satu hingga 3 minggu memberikan jarak penetrasi yang hampir sama tetapi setelah 4 minggu, penetrasi bahan pengawet ke dalam bambu andong mencapai 33,4 cm sedangkan bambu betung 30,3 cm seperti dicantumkan pada Tabel 2.4. Daya tembus pengawet melalui mekanisme difusi arah vertikal ini masih rendah disebabkan karena bambu yang diawetkan sudah kering. Oleh karena itu, metode pengawetannya masih perlu disempurnakan.

Tabel 2.4 Penembusan bahan pengawet pada bambu yang direndam secara vertikal

No.	Jenis bambu	Kadar air (%)		Lama perendaman (minggu)			
		Saat ditebang	Saat pengawetan	1	2	3	4
1.	Andong	93,7	82,5	11,11 cm	14,75 cm	15,88 cm	33,40 cm
2.	Betung	98,3	83,6	12,58 cm	16,28 cm	19,26 cm	30,33 cm

2.3. Difusi Ion

Difusi merupakan suatu proses terjadinya perubahan gradien konsentrasi larutan secara spontan karena mengalami penurunan hingga mencapai kondisi yang seragam dan distribusi partikel yang homogen. Difusi bermakna penyebaran yang disebabkan oleh pergerakan panas secara acak, sebagai gerak Brown dari partikel koloid (Wild, 1981). Dalam hal ini perpindahan terjadi oleh adanya perbedaan konsentrasi larutan pada dua tempat yang berjarak tertentu dimana pergerakan terjadi dari konsentrasi yang tinggi ke konsentrasi yang rendah. Faktor yang mempengaruhi difusi (Wild, 1981) :

1. temperatur makin tinggi, difusi makin cepat
2. berat molekul makin besar, difusi makin lambat
3. kelarutan dalam medium makin besar, difusi makin cepat
4. beda potensial kimia makin besar difusi makin cepat

Proses difusi menghasilkan gerak termal bebas dari suatu ion, atom, molekul. Suatu komponen yang tidak bermuatan akan bergerak dari larutan yang berkonsentrasi tinggi ke larutan yang berkonsentrasi lebih rendah. Laju perubahan konsentrasi larutan, bergantung dari perbedaan konsentrasi awal dari dua larutan atau

jarak dari keduanya (Arthur, 1986). Difusi juga dipengaruhi oleh temperatur larutan. Kecepatan difusi lebih tinggi bila temperatur dinaikkan, sehingga selang beberapa waktu akan diperoleh larutan homogen yang seragam. Jumlah aliran per satuan waktu dirumuskan sesuai persamaan (1) (Wild, 1981) :

$$J = -D \left(\frac{\partial C}{\partial X} \right) \dots\dots\dots(1)$$

dimana :

J = kerapatan aliran (flux) larutan melalui bidang 1 m² (mol/m²/detik).

C = konsentrasi larutan (mol/L).

X = jarak tempuh.

D = koefisien difusi (m²/detik).

Rumus (1) dikenal dengan rumus Fick's I. Apabila laju perubahan konsentrasi dikaitkan dengan waktu maka persamaan menjadi (Wild, 1981; Nye dan Tinker, 1977) :

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \left(\frac{\partial^2 C}{\partial X^2} \right) \dots\dots\dots(2)$$

dimana :

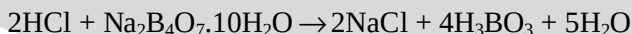
$\partial C / \partial t$ = laju perubahan konsentrasi berdasarkan waktu.

$\partial^2 C / \partial X^2$ = gradien laju perubahan konsentrasi berdasarkan jarak.

Rumus (2) dikenal sebagai persamaan Fick's II.

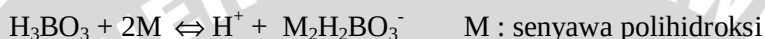
2.4. Penentuan Konsentrasi Ion Borat dengan Metode Volumetri

Konsentrasi larutan menyatakan suatu besaran atau kadar suatu zat dalam cairan, antara lain dapat dinyatakan dalam molaritas. Metode pengukuran konsentrasi boraks pada larutan pengawet borat secara volumetri dilakukan dengan penambahan indikator metil jingga pada larutan borat yang bersifat basa, kemudian dititrasi dengan larutan yang merupakan kebalikan asam-basanya yaitu asam klorida. Analisis dilakukan hingga titik akhir titrasi yang ditandai dengan perubahan warna indikator metil jingga pada kisaran pH 3,1-4,4 dari kuning menjadi merah karena adanya penurunan pH (Day dan Underwood, 1989).

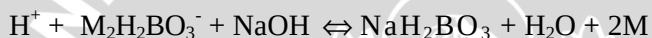


Asam borat berperan sebagai asam lemah yang memiliki tetapan ionisasi pertama $K_a = 6,4 \times 10^{-10}$. Nilai K_a yang sangat kecil tersebut menyebabkan asam borat tidak dapat ditentukan secara teliti

dengan penambahan larutan NaOH 0,1N secara volumetri karena perubahan warna indikator fenolftalein yang ditambahkan tidak teramati dengan jelas. Akan tetapi, penentuan asam borat dapat tercapai hingga titik akhir dengan adanya perubahan warna larutan asam borat dari tidak berwarna menjadi merah dengan adanya penambahan senyawa polihidroksi seperti glukosa, gula inversi, gliserol, atau manitol, dengan perbandingan mol polihidroksi dengan asam borat 1:1 atau 2:1. Secara keseluruhan kesetimbangan reaksi yang terjadi dengan penambahan senyawa polihidroksi yaitu (Arthur, 1969) :



sehingga reaksi asam borat dengan NaOH menjadi :



2.5. Hipotesis

Difusi ion boraks dan borat pada bambu berbanding lurus dengan kenaikan konsentrasi larutan pengawet dan berbanding terbalik dengan lama simpan batang bambu.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Fisik, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Brawijaya, Malang pada bulan Februari sampai dengan bulan April 2008.

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan-bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah natrium hidroksida (NaOH) teknis, asam borat (H_3BO_3) teknis, natrium tetraboraks dekahidrat ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) teknis, larutan indikator metil jingga, larutan indikator fenolftalein, dan akuades. Sedangkan bahan-bahan kimia dengan derajat pro analisis yaitu asam klorida (HCl) 37% ($\text{bj}=1,16 \text{ kg/L}$; $\text{Mr}=36,45 \text{ g/mol}$), natrium tetraboraks ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$) ($\text{Mr} = 201,22 \text{ g/mol}$), gliserol 87% ($\text{bj}=1,23 \text{ kg/L}$) dan NaOH ($\text{Mr} = 40,00 \text{ g/mol}$).

3.2.2 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: peralatan gelas, neraca analitik Mettler AE 50, gergaji kayu, termometer, pH-meter Orion tipe 420A, katetometer, stirer dan pengaduk magnetis.

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian pengaruh konsentrasi larutan borat dan lama simpan batang bambu terhadap laju difusi ion borat pada bambu adalah sebagai berikut :

1. Pengamatan pendahuluan penentuan variasi lama simpan bambu
2. Preparasi sampel bambu
3. Pembuatan larutan pengawet borat 4%, 6%, 8%, dan 10% (b/v).
4. Difusi larutan pengawet borat ke dalam bambu pada berbagai konsentrasi larutan borat
5. Difusi larutan pengawet borat ke dalam bambu dengan variasi lama simpan batang bambu
6. Pengukuran jarak tempuh larutan pengawet pada dinding bambu

7. Penentuan jumlah mol ion boraks dan asam borat yang berdifusi ke dalam bambu

3.4 Cara Kerja Penelitian

3.4.1 Pembuatan larutan pengawet borat

Serbuk kristal boraks ditimbang sebanyak 18,05 gram dan asam borat sebanyak 1,95 gram (berdasarkan perhitungan pada Lampiran 5.5). Keduanya dilarutkan dengan akuades hingga volume larutan menjadi 500 mL di dalam gelas beker 500 mL dan dihomogenkan sehingga diperoleh larutan pengawet borat 4%. Kemudian ditambahkan beberapa tetes indikator metil jingga sebagai pewarna larutan.

Larutan pengawet borat 6%, dibuat dari boraks sebanyak 27,07 gram dan asam borat 2,93 gram. Sedangkan untuk mendapatkan larutan pengawet borat 8%, boraks ditimbang sebanyak 36,10 gram dan asam borat 3,90 gram. Larutan pengawet borat 10% dibuat dari boraks sebanyak 45,12 gram dan asam borat 4,88 gram dalam 500 mL. Nilai pH masing-masing larutan diukur dengan pH meter.

3.4.2 Preparasi sampel bambu

Bambu betung yang sudah dipilih ditebang dari rumpun, kemudian tiap ruasnya dipotong sehingga dapat diisi dengan larutan pengawet dari salah satu ujung ruasnya (Gambar L.10). Pemukaan bagian dalam setiap ruas bambu dibersihkan dengan sikat kecil, sedangkan bagian luarnya dicuci dengan larutan NaOH 2% (b/v) untuk menghilangkan lapisan lemak yang mungkin ada.

3.4.3 Difusi larutan borat dalam bambu

3.4.3.1 Pengaruh konsentrasi larutan pengawet borat

Sampel bambu diisi larutan pengawet borat dengan variasi konsentrasi 4%, 6%, 8%, dan 10% hingga hampir penuh. Volume larutan yang diisi dicatat sebagai volume awal. Bagian atas bambu ditutup rapat dengan plastik transparan. Selanjutnya didiamkan selama 24 jam sebagai waktu kontak bahan pengawet dengan bambu. Bambu dibelah dan diukur jarak tempuh larutan pengawet boratnya. Larutan pengawet borat yang tersisa dituangkan kembali ke dalam gelas beker 500 mL, diukur nilai pHnya dan volume terukur dicatat sebagai volume akhir.

3.4.3.2 Pengaruh lama simpan batang bambu

Sampel bambu yang telah disimpan selama 24, 48, 72, 96, 120 jam hari diisi hingga hampir penuh dengan larutan pengawet borat dengan harga konsentrasi optimum difusi yang diperoleh dari hasil percobaan 3.4.3.1 yaitu 10% (b/v). Kemudian dilakukan langkah seperti pada percobaan 3.4.3.1.

3.4.4 Pengukuran jarak tempuh larutan pengawet

Jarak tempuh larutan pengawet dapat diketahui dengan mengukur pergerakan larutan pengawet menggunakan katetometer dimulai dari batas permukaan dalam batang bambu hingga sejauh larutan pengawet itu bergerak.

3.4.5 Penentuan sisa $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$

Larutan pengawet borat yang tersisa diambil sebanyak 10 mL lalu diencerkan menjadi 50 mL dalam labu takar 50 mL. Diambil sebanyak 10 mL dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer 50 mL. Kemudian ditambahkan beberapa tetes indikator metil jingga. Larutan ini kemudian dititrasi dengan larutan HCl 0,1093 M yang sudah distandarisasi hingga mencapai titik akhir titrasi yang ditandai oleh perubahan warna indikator metil jingga dari kuning menjadi merah. Volume HCl yang diperlukan untuk mencapai titik akhir dicatat.

3.4.6 Penentuan sisa H_3BO_3

Larutan pengawet borat dalam labu takar 50 mL pada 3.4.5, diambil sebanyak 5 mL dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer 50 mL. Kemudian ditambahkan larutan HCl 0,1093 M dengan volume setengah dari yang ditambahkan pada percobaan 3.4.5. Ditambahkan 2 mL gliserol 87% dan beberapa tetes indikator fenolftalein. Larutan ini kemudian dititrasi dengan larutan NaOH 0,1 N hingga mencapai titik akhir titrasi yang ditandai dengan perubahan warna indikator fenolftalein dari tidak berwarna menjadi merah muda. Volume NaOH yang diperlukan untuk mencapai titik akhir dicatat.

3.5 Analisis Data

Data pengamatan yang diperoleh, dianalisis dengan metode One-way ANOVA atau rancangan acak lengkap (RAL) pada tingkat kepercayaan 95% untuk mengetahui adanya pengaruh perlakuan variasi konsentrasi larutan pengawet borat dan lama simpan batang

bambu terhadap laju difusi larutan pengawet borat. Kemudian dibuat grafik hubungan antara konsentrasi dan lama simpan bambu dengan laju difusi larutan pengawet borat. Laju pengawet borat yang berdifusi pada batang bambu dapat diketahui dari :

$$D = \frac{\text{mol yang berdifusi (mmol)}}{\text{jarak tempuh (mm) x waktu kontak (jam)}}$$

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Difusi pengawet borat pada bambu yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan teknik rendaman dalam. Batang bambu diletakkan tegak vertikal dan larutan pengawet borat diisikan ke dalamnya. Metode ini lebih efektif karena tidak banyak menghabiskan ruang dan bahan dibandingkan dengan menggunakan metode rendaman luar dan mendatar. Larutan pengawet borat yang digunakan memiliki konsentrasi 4%, 6%, 8%, dan 10% dengan nilai pH 9,4-9,8. Pengawet borat yang digunakan dapat mengurangi atau mencegah aktifitas enzim selulase yang memiliki pH optimum mencapai 4,5-6,0 (Henrissat, 2006). Atas dasar ini maka pH larutan pengawet borat penting sebagai salah satu informasi pendukung terjadinya proses difusi. Selain itu, besarnya konsentrasi pengawet akan menyebabkan terjadinya tekanan osmosis antara larutan pengawet yang hipertonis dengan konsentrasi mineral intrasel hama penggerek yang hipotonis sehingga sel-sel hama mengalami dehidrasi dan pada akhirnya akan mati. Kedua komponen dalam pengawet masing-masing ion $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ dan ion BO_3^{3-} memiliki peranan pada proses pengawetan sehingga difusi keduanya perlu diketahui. Jumlah kedua ion yang berdifusi ditentukan secara volumetri.

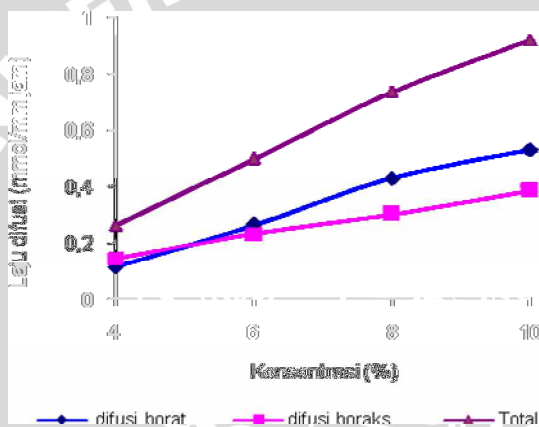
Gejala difusi adalah suatu proses aliran yang terjadi karena adanya perbedaan konsentrasi dalam dua lapisan yang dipisahkan oleh pembatas tipis. Pada percobaan ini kedua lapisan adalah fasa larutan dan fasa padat bambu. Pada saat awal, antara zat terlarut dan pelarut terdapat suatu batas antarmuka tetapi dengan waktu, zat terlarut akan bergerak secara acak dan terjadi proses difusi secara spontan hingga tercapai keadaan yang homogen. Menurut Hukum Fick's I, difusi dapat diamati dari jumlah zat terlarut yang berdifusi melalui satu satuan luas per satuan waktu yang setara dengan perubahan konsentrasi.

$$J = - D \left(\frac{dC}{dx} \right)_t$$

4.1 Pengaruh Konsentrasi Pengawet terhadap Laju Difusi

Konsentrasi larutan pengawet borat yang digunakan adalah 4%, 6%, 8%, dan 10% (b/v). Variasi larutan pengawet borat dibuat dengan melarutkan asam borat dan boraks dengan komposisi tertentu seperti yang tertera pada Tabel L.4.

Laju difusi larutan pengawet pada berbagai konsentrasi diperkirakan dari perubahan konsentrasi awal masing-masing komponen pengawet, yaitu ion borat dan ion boraks, terhadap konsentrasi setelah proses difusi selama 24 jam. Meskipun difusi berjalan satu arah tetapi pergerakan molekul zat terlarut terjadi secara acak sehingga arah molekul tak dapat diprediksi. Dengan demikian parameter proses difusi yang diamati dalam percobaan ini adalah jarak tempuh zat terlarut dari posisi awal bambu selama waktu 24 jam. Hasil analisis difusi kedua jenis ion pengawet pada berbagai konsentrasi awal pengawet dicantumkan pada Gambar 4.1.

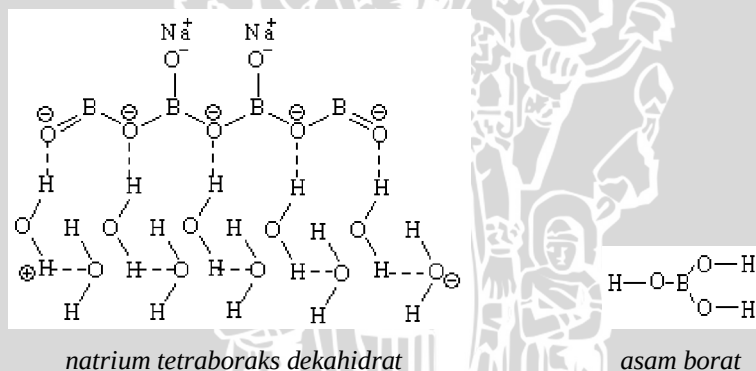


Gambar 4.1. Laju difusi ion pengawet pada berbagai konsentrasi awal

Laju difusi ion borat dan ion boraks pada saat konsentrasi pengawet 4% dan 6% menunjukkan harga yang sama, sesuai dengan hasil analisis statistik (Lampiran 9) keduanya memberikan laju difusi yang tidak berbeda nyata dengan nilai $F_{hitung (0,29)} < F_{tabel (7,71)}$ pada tingkat kepercayaan 95%. Namun, saat konsentrasi lebih besar dari 6% maka laju difusi ion borat menjadi lebih cepat. Berdasarkan hasil perhitungan jumlah mol ion $B_4O_7^{2-}$ dan BO_3^{3-} yang berdifusi (Lampiran 6), larutan pengawet borat dengan konsentrasi 10% memberikan hasil tertinggi dengan rata-rata jumlah mol ion $B_4O_7^{2-}$ yang berdifusi sebesar 43,33 mmol dan 59,47 mmol untuk BO_3^{3-} . Hal ini disebabkan karena dalam larutan pengawet borat 10%, ion boraks maupun borat yang ada lebih banyak dibandingkan dengan ion boraks maupun borat yang ada pada konsentrasi larutan 4%, 6%, dan

8%. Dengan makin banyaknya molekul boraks dan asam borat dalam larutan pada volume yang sama menimbulkan ketidakaturan dan potensial kimia molekul menjadi bertambah untuk bergerak secara acak ke segala arah. Difusi ion dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain mobilitas ion yang setara dengan ukuran ion dan kekentalan media yang terutama dipengaruhi oleh konsentrasi serta gaya gesek ion dengan pelarut (Chang, 1981). Konsentrasi zat terlarut yang semakin meningkat mengakibatkan mobilitas ion lebih cepat tetapi sebaliknya kekentalan akan meningkat sehingga mobilitas ion lebih lambat akibat gaya gesek tinggi. Persaingan kedua faktor inilah yang menentukan apakah ion akan berdifusi lebih lambat atau lebih cepat.

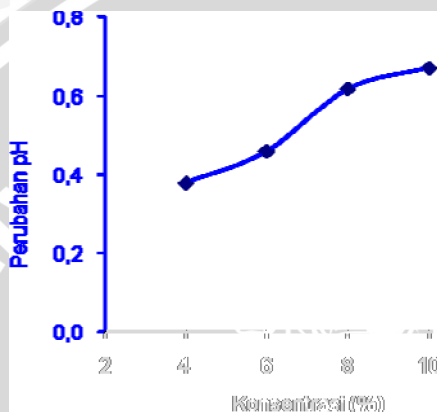
Komposisi pengawet pada setiap konsentrasi memiliki jumlah ion boraks lebih tinggi dibanding ion borat sehingga dimungkinkan ion boraks berdifusi lebih cepat, tetapi ukuran molekul borat lebih kecil dibanding molekul boraks (Gambar 4.2), sehingga mobilitas lebih tinggi.



Gambar 4.2. Struktur molekul senyawa boraks ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) dan asam borat (H_3BO_3)

Difusi juga terjadi untuk kation H^+ yang berasal dari asam borat dan kation Na^+ yang berasal dari garam boraks karena saat konsentrasi rendah, yaitu 4% dan 6%, zat terlarut akan bergerak sebagai ion bebas. Adanya ion H^+ yang juga bergerak dapat diperkirakan dari perubahan harga pH larutan yang meningkat (Gambar 4.3). Perubahan pH tidak mempengaruhi bentuk molekul dari asam borat dan boraks di dalam larutan. Hal ini dikarenakan perubahan yang terjadi masih tetap pada kisaran pH basa. Asam borat di dalam suasana basa akan membentuk molekul ionnya.

Sedangkan boraks terhidrasi dalam pelarut air. Mobilitas ion H^+ adalah $36,3 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1} \text{ V}^{-1}$ sedangkan mobilitas ion Na^+ adalah $5,19 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1} \text{ V}^{-1}$ sehingga mobilitas ion H^+ adalah 6 kali mobilitas ion Na^+ (Chang, 1981). Dengan demikian sangat dimungkinkan pengaruh perbedaan mobilitas dan perbedaan konsentrasi saling meniadakan.



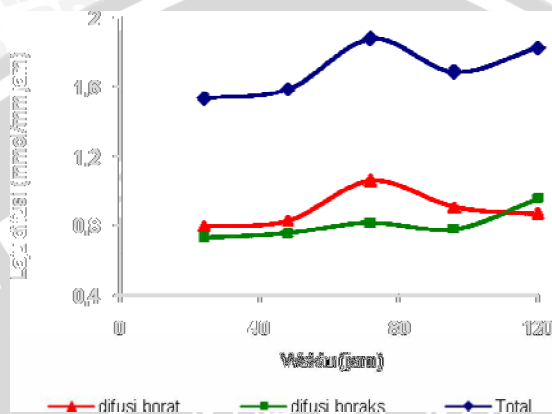
Gambar 4.3. Hubungan konsentrasi pengawet terhadap perubahan pH larutan

Konsentrasi pengawet lebih besar dari 6% memberikan difusi ion borat lebih cepat karena faktor yang lebih dominan untuk menjadi gaya dorong adalah perbedaan mobilitas ion yang disebabkan oleh perbedaan ukuran ion kedua komponen pengawet. Mobilitas ion boraks menurun karena saat konsentrasi lebih tinggi, yaitu 8% dan 10% maka ion boraks akan cenderung bergerak sebagai pasangan ion (Chang, 1981). Secara teoritis, banyaknya zat yang berdifusi dipengaruhi oleh konsentrasi zat yang berdifusi. Kenaikan konsentrasi zat mengakibatkan jumlah yang berdifusi makin besar (Wallwork, 1977).

4.2 Pengaruh Lama Simpan Bambu terhadap Laju Difusi

Variabel lama simpan bambu sebelum diawetkan dilakukan berdasarkan hasil percobaan pendahuluan. Percobaan dilakukan dengan cara meletakkan bambu pada posisi tegak atau vertikal di tempat teduh dengan kelembaban rendah dengan udara dan sinar matahari bebas. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa setelah bambu ditebang dan dibiarkan selama 11 hari mulai tampak adanya aktivitas kutu bubuk, suatu mikroorganisme kecil berwarna putih.

Atas dasar hasil ini variabel yang digunakan adalah 24, 48, 72 , 96 dan 120 jam terhitung saat bambu ditebang dan dipotong pada tiap ruas.



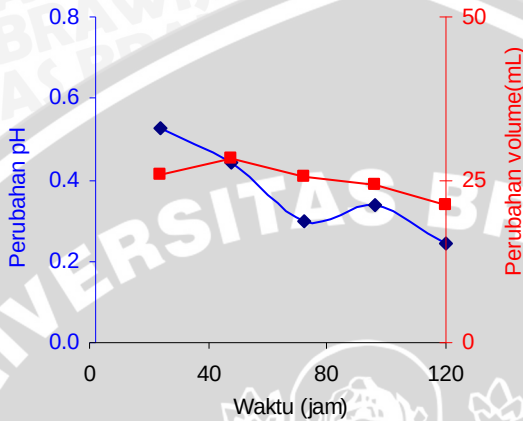
Gambar 4.4. Laju difusi ion pengawet pada berbagai lama simpan

Larutan pengawet borat yang digunakan adalah pengawet borat dengan harga tertinggi difusi yang diperoleh dari hasil percobaan variasi konsentrasi yaitu 10%, karena bila digunakan konsentrasi lebih tinggi sebagian komponen tidak larut. Hasil analisis terdapat dalam Gambar 4.4.

Bila dibandingkan laju difusi kedua komponen pengawet pada beberapa waktu simpan menghasilkan laju difusi yang hampir sama, sesuai analisis statistik uji F pada Lampiran 9 yang memberikan hasil tidak berbeda nyata dengan nilai $F_{hitung} (2,49) < F_{tabel} (3,48)$ pada tingkat kepercayaan 95%. Difusi dengan kadar air bambu yang berkurang juga memungkinkan molekul air berdifusi ke dalam bambu dengan laju sama karena perbedaan aktivitas air dalam larutan pengawet dibanding dalam bambu di saat awal adalah konstan. Nilai ini dapat diperkirakan dari perubahan volume larutan setelah difusi 24 jam yang hampir sama (Gambar 4.5)

Laju difusi masing-masing ion yang hampir sama dengan bertambahnya waktu simpan terutama disebabkan media difusi, air, yang terdapat dalam bambu berkurang karena terjadi penguapan sebagian pelarut. Air yang berkurang menyebabkan gaya gesek molekul dalam bambu semakin tinggi sehingga menahan molekul pengawet bergerak. Konsentrasi pengawet 10% cenderung menghasilkan zat terlarut yang bergerak sebagai pasangan ion,

sehingga ion H^+ sulit berdifusi sebagai ion bebas ditunjukkan dengan harga perubahan pH yang sedikit menurun.



Gambar 4.5. Perubahan pH dan volume larutan terhadap lama simpan bambu

Berdasarkan Gambar 4.4, total ion yang berdifusi cenderung memberikan laju difusi yang meningkat dan setelah bambu disimpan selama 72 jam memberikan difusi paling cepat. Kemungkinan saat 72 jam perbedaan aktivitas air dalam larutan dibanding dalam bambu adalah paling tinggi sehingga memberikan beda potensial kimia terbesar dan mendorong total kedua ion yang berdifusi adalah paling cepat. Namun setelah 72 jam aktivitas air pada larutan dan bambu sudah setimbang sehingga laju ion pengawet yang bergerak lebih dipengaruhi oleh perbedaan konsentrasi dan mobilitas ion yang saling meniadakan. Karenanya laju difusi kedua ion komponen pengawet menjadi tidak berbeda. Berdasarkan nilai laju difusi ion pengawet, waktu penyimpanan bambu lebih berperan dibandingkan dengan konsentrasi awal pengawet. Hal ini menunjukkan bahwa kadar air dalam bambu mempunyai peranan penting dalam proses pengawetan.

Secara umum keterawetan bambu dapat diperkirakan dari besarnya nilai laju difusi larutan pengawet, bahwa makin besar nilai laju difusi larutan pengawet maka makin banyak pula jumlah pengawet yang masuk ke dalam bambu sehingga daya tahan bambu terhadap hama penggerek menjadi lebih lama.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat diketahui bahwa :

1. Peningkatan konsentrasi larutan pengawet borat menyebabkan kenaikan laju difusi ion $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ dan BO_3^{3-} ke dalam bambu. Laju difusi ion $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ dan ion BO_3^{3-} tertinggi diperoleh pada konsentrasi pengawet borat 10% dengan nilai sebesar $0,3883 \text{ mmol mm}^{-1} \text{ jam}^{-1}$ dan $0,5329 \text{ mmol mm}^{-1} \text{ jam}^{-1}$. Konsentrasi larutan pengawet borat 4% dan 6% tidak berpengaruh terhadap laju difusi ion BO_3^{3-} dan ion $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$, tetapi saat konsentrasi 8% dan 10% laju difusi ion BO_3^{3-} lebih cepat dibanding ion $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$.
2. Lama simpan bambu hingga 120 jam tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap laju difusi pengawet ke dalam bambu.

5.2. Saran

Untuk memperoleh informasi lebih menyeluruh tentang proses difusi pengawet dalam bambu maka perlu dilakukan analisis kadar air, kadar ion Na^+ dan ion H^+ bambu, sebelum dan setelah difusi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrochim S., 1982, **Pengawetan Dua belas Jenis Bambu dengan Metode Rendaman Dingin**, Laporan 159:5-11. Balai Penelitian Hasil Hutan, Bogor.
- Anonymous, 2007, **Hutan, Penanaman Pohon dan Bambu**, Idepfoundation, http://www.idepfoundation.org/download_files/permakultur/MOD8-reboisasi.pdf, tanggal akses: 29 Agustus 2007
- Chang, Raymond, 1981, **The Chemistry with Applications to Biological Systems**, 2nd edition, Macmillan Publishing Co.,Inc. hlm 83-85, 203-205
- Day, R.A.,Jr, Underwood A.L, 1989, **Analisis Kimia Kuantitatif**, Edisi ke-5, Terjemahan Pudjaatmaka, Ph.D. Jakarta : Penerbit Erlangga. hlm 141-161
- Dransfield S. dan E.A. Widjaja (Ed.), 1995, **Plant Resources of South-East Asia 7, Bamboos**, Yayasan Prosea, Bogor.
- Felix, 1983, **Pemanfaatan Bambu Sebagai Bahan Alternatif pada Konstruksi Bangunan Sederhana**, [http://www.pu.go.id/balitbang/puskim/Produk Jurnal/Jurnal_96/vol12_22.htm](http://www.pu.go.id/balitbang/puskim/Produk_Jurnal/Jurnal_96/vol12_22.htm), tanggal akses: 14 April 2008
- Gusmailina dan Sumadiwangsa, 1988, **Analisis Kimia Sepuluh Jenis Bambu dari Jawa Timur**, Jurnal Penelitian Hasil Hutan 5 (5) : 290-293.
- Hadjib N. dan S. Karnasudirdja, 1986, **Sifat Fisis dan Mekanis Bambu Andong (*Gigantocloa verticillata* Mur.), bitung (*Dendrocalamus asper* Back) dan ater (*Gigantochloa ater* Kurz)**. Laporan intern Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan dan Sosial Ekonomi Kehutanan, Bogor.
- Henrissat, B., 2006, **The Enzymes**, J. Chem. Biotechnol, 3: 722-726.

Heri, Dede Y., Euis H. dan Bambang P., 2007, **Pengaruh Perlakuan Uap Panas, Perebusan, dan Perendaman terhadap Kadar Pati Bambu Kuning (*Bambusa vulgaris* Schard ex J.C. Wendl),**

[http://www.pu.go.id/balitbang/puskim/PENGARUH PERLAKUAN.htm](http://www.pu.go.id/balitbang/puskim/PENGARUH_PERLAKUAN.htm), tanggal akses: 29 April 2008

Krisdianto, G. Sumarni dan A.Ismanto, 2006, **Sari Hasil PenelitianBambu**,<http://www.dephut.go.id/INFORMASI/litbang/teliti/bambu.htm#sifat%20dasar>, tanggal akses : 16 Nopember 2007

Mulyono, Drs., M.Pd., 2005, **Kamus Kimia**, PT. Bumi Aksara, Jakarta. hlm 30, 81, 289.

Nye, p.h and p.b. Tinker, 1977, **Solute Movement In The Soil-Root System**, Blackwell Scientific Publishing.

Permadi P., 1992, **Pengawetan Dua Jenis Bambu dengan Cara Rendaman Vertikal**, Jurnal Penelitian Hasil Hutan 10 (4) : 107-109.

Permadi P. dan G. Sumarni, 1995, **Aplikasi Metode Boucheri untuk Mengawetkan Bambu Segar**, Jurnal Penelitian Hasil Hutan 13(8):307-313, Bogor

Supriana, Barly, A. Ismanto, 1987, **Organisme Perusak Kayu pada Rumah Rakyat di Yogyakarta**, Jurnal Penelitian Hasil Hutan 3 (2) : 19-24

Sutigno, P., 2000, **Perekatan, dalam S. Karnasudirdja. Ed Kayu, bambu dan rotan untuk Barang Kerajinan**. Laporan Asistensi Lembaga Penelitian Hasil Hutan kepada Balai Penelitian Batik dan Kerajinan, Bogor.

Vogel, Arthur I., Dsc, 1969, **A Text Book of Quantitive Inorganic Analysis Including Elementary Instrumental Analysis**, 3rd edition, Longman Group Limited, London

Vogel, Arthur I., Dsc, 1986, **A Text Book of Quantitive Inorganic Analysis Including Elementary Instrumental Analysis**, 3rd edition, Longman Group Limited, London

Wallwork S.C, Grant D.J, 1977, **Physical Chemistry for Student of Pharmacy**, 3rd edition, Longman Group Ltd., New York, hlm 251-252

Weast, Roberts C. Ph.D., 1987, **Handbook of Chemistry and Physics** 1st Student Edition, CRC Press, Inc., Florida.

Wild, A, 1981, **Mass Flow and Diffusion in D.J. Grreenland and M.H.B. Hayes (eds), The Chemistry of Soil Processes**, John Wiley & Sons New York.

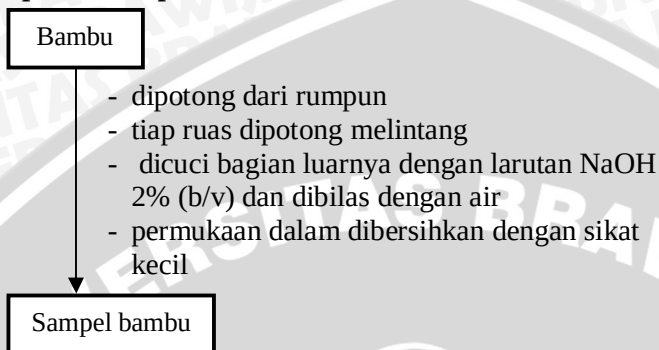


LAMPIRAN 1. Diagram Alir Penelitian



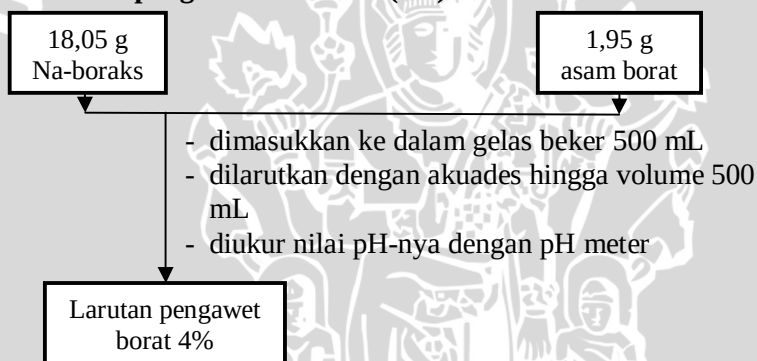
LAMPIRAN 2. Preparasi Bahan

L.2.1 Preparasi sampel bambu

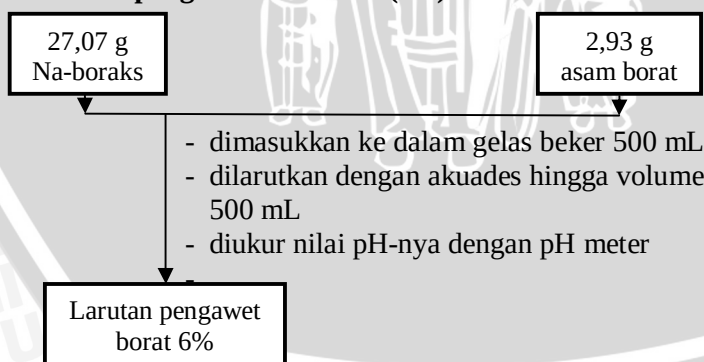


L.2.2 Pembuatan larutan pengawet borat

L.2.2.1 Larutan pengawet borat 4% (b/v)



L.2.2.2 Larutan pengawet borat 6% (b/v)



L.2.2.3 Larutan pengawet borat 8% (b/v)

36,10 g
Na-boraks

3,90 g
asam borat

- dimasukkan ke dalam gelas beker 500 mL
- dilarutkan dengan akuades hingga volume 500 mL
- diukur nilai pH-nya dengan pH meter

Larutan pengawet
borat 8%

L.2.2.3 Larutan pengawet borat 10% (b/v)

45,12 g
Na-boraks

4,88 g
asam borat

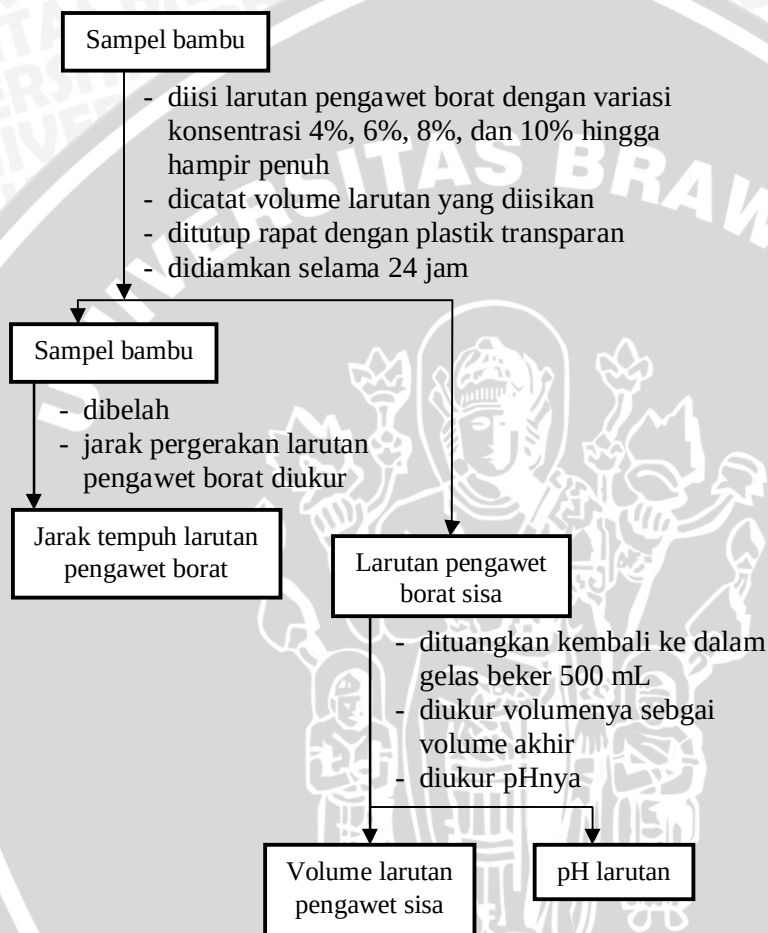
- dimasukkan ke dalam gelas beker 500 mL
- dilarutkan dengan akuades hingga volume 500 mL
- diukur nilai pH-nya dengan pH meter

Larutan pengawet
borat 10%

LAMPIRAN 3. Penentuan Laju Difusi

L.3.1 Difusi larutan pengawet borat pada bambu

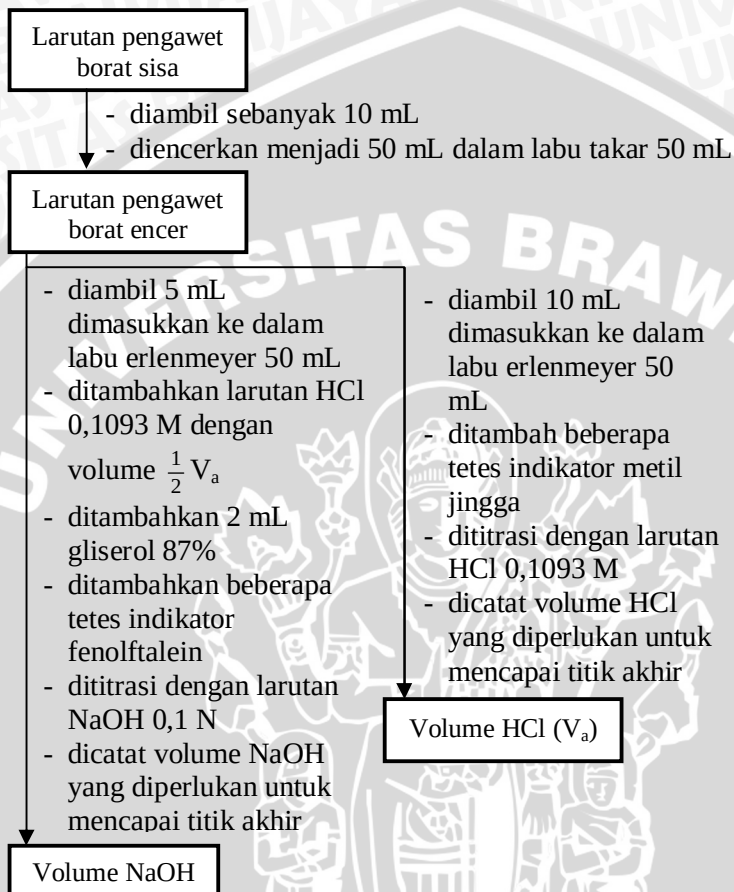
L.3.1.1 Variasi konsentrasi larutan pengawet borat



L.3.1.2 Variasi lama simpan bambu



L.3.2 Penentuan sisa $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ dan H_3BO_3



Keterangan :

volume HCl : digunakan untuk penentuan sisa $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$

volume NaOH : digunakan untuk penentuan sisa H_3BO_3

LAMPIRAN 4. Pembuatan Larutan

L.4.1 Larutan NaOH 2% (b/v)

Padatan NaOH ditimbang sebanyak 5 gram dan dilarutkan dengan 100 mL akuades dalam gelas beker 250 mL. Larutan NaOH kemudian ditambah dengan akuades sampai 250 mL.

L.4.2 Larutan baku $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 0,1 M

Serbuk kristal boraks ditimbang secara teliti 2,0122 gram dan dilarutkan dengan 50 mL akuades dalam gelas beker 100 mL. Larutan boraks dipindahkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambah akuades hingga tanda batas.

L.4.3 Larutan baku HCl 0,1 M

Larutan HCl pekat (37% b/b, $\rho = 1,16 \text{ g/mL}$) dipipet sebanyak 8,5 mL dan ditambahkan dalam gelas beker yang telah berisi akuades kemudian dipindahkan ke dalam labu takar 1000 mL. Larutan ditambah akuades hingga tanda batas dan dihomogenkan. Larutan ini kemudian dibakukan dengan larutan baku boraks.

Pembakuan dilakukan dengan mengambil 10 mL larutan boraks menggunakan pipet volume ke dalam erlenmeyer 50 mL. Larutan ditambah 2 tetes indikator metil jingga dan dititrasi dengan HCl 0,1 M hingga terjadi perubahan warna menjadi merah. Titrasi dilakukan duplo dan diperoleh volume HCl rata-rata 18,30 mL.

L.4.4 Larutan baku NaOH 0,1 N

Serbuk kristal NaOH ditimbang 1,00 gram dan dilarutkan dengan 100 mL akuades dalam gelas beker 100 mL. Larutan NaOH dipindahkan ke dalam labu ukur 250 mL dan ditambah akuades hingga tanda batas. Selanjutnya konsentrasi larutan NaOH dibakukan dengan larutan asam oksalat.

L.4.5 Larutan pengawet borat

Untuk membuat larutan pengawet borat, maka serbuk kristal boraks ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) ditimbang sebanyak 18,05 gram dan serbuk asam borat (H_3BO_3) sebanyak 1,95 gram. Keduanya dimasukkan ke dalam gelas beker 500 mL dan dilarutkan dengan akuades hingga volume larutan menjadi 500 mL sehingga diperoleh larutan pengawet borat dengan konsentrasi 4% (b/v). Jumlah asam borat dan boraks yang digunakan untuk membuat larutan pengawet pada berbagai konsentrasi dicantumkan pada tabel L.4. sebagai berikut :

Tabel L.4 Komposisi boraks dan asam borat

bahan	konsentrasi (b/v)			
	4%	6%	8%	10%
boraks	18,05 g	27,07 g	36,10 g	45,12 g
asam borat	1,95 g	2,93 g	3,90 g	4,88 g

LAMPIRAN 5. Perhitungan Pembuatan Larutan

L.5.1 Larutan NaOH 2% (b/v)

Untuk membuat larutan NaOH 2% sebanyak 250 mL, maka:

$$\begin{aligned}\text{massa NaOH} &= \frac{\text{konsentrasi (\%)} \times \text{volume larutan}}{100} \\ &= \frac{2 \times 250 \text{ mL}}{100} \\ &= 5 \text{ g}\end{aligned}$$

Jadi, banyaknya serbuk NaOH yang ditimbang adalah 5 gram.

L.5.2 Larutan baku $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 0,1 M

Untuk membuat larutan $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 0,1 M sebanyak 100 mL, maka:

$$\begin{aligned}\text{massa Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 &= \text{konsentrasi} \times \text{Mr} \times \text{volume} \\ &= 0,1 \text{ M} \times 201,22 \text{ g/mol} \times 0,1 \text{ L} \\ &= 2,0122 \text{ g}\end{aligned}$$

Jadi, banyaknya serbuk boraks yang ditimbang adalah 2,0122 gram.

L.5.3 Larutan HCl 0,1 M

Untuk membuat 1000 mL larutan HCl 0,1 M dari larutan HCl pekat (37% b/b; $\rho = 1,16 \text{ kg/L}$), maka:

$$\begin{aligned}\text{mol HCl} &= \text{konsentrasi} \times \text{volume} \\ &= 0,1 \text{ M} \times 1 \text{ L} \\ &= 0,1 \text{ mol} \\ \text{massa HCl} &= \text{mol HCl} \times \text{Mr HCl} \\ &= 0,1 \text{ mol} \times 36,45 \text{ g/mol} \\ &= 3,645 \text{ gram}\end{aligned}$$

Banyaknya HCl pekat yang diambil untuk membuat 1000 mL larutan HCl 0,1 M adalah:

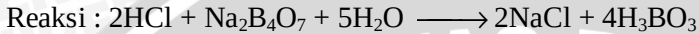
$$\text{volume} = \frac{\text{massa}}{\text{kadar (b/b)} \times \text{massa jenis}}$$

$$= \frac{3,645\text{g}}{0,37 \times 1,16 \text{ g/mL}}$$

$$= 8,5 \text{ mL}$$

Jadi, banyaknya larutan HCl pekat yang dipipet sebanyak 8,5 mL.

L.5.3.1 Pembakuan larutan HCl 0,1 M



$$\text{mol Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 = \frac{1000 \text{ mL}}{\text{volume}} \times \frac{\text{massa}}{Mr} \times 10 \text{ mL}$$

$$\text{mol Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 = \frac{1000 \text{ mL}}{100 \text{ mL}} \times \frac{2,0122 \text{ g}}{201,22 \text{ g/mol}} \times 10 \text{ mL}$$

$$= 1 \text{ mmol}$$

$$\text{mmol HCl} = 2 \times \text{mmol Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$$

$$\text{mmol HCl} = 2 \times 1 \text{ mmol}$$

$$= 2 \text{ mmol}$$

$$\text{volume HCl} = \frac{V_1 + V_2}{2} = \frac{(18,30 + 18,30) \text{ mL}}{2} = 18,30 \text{ mL}$$

$$[\text{HCl}] = \frac{\text{mmol HCl}}{\text{volume HCl}}$$

$$= \frac{2 \text{ mmol}}{18,30 \text{ mL}} = 0,1093 \text{ M}$$

L.5.4 Larutan baku NaOH 0,1 N

Untuk membuat larutan NaOH 0,1 N sebanyak 250 mL, maka:

$$\begin{aligned} \text{massa NaOH} &= \text{konsentrasi} \times Mr \times \text{volume} \\ &= 0,1 \text{ N} \times 40,00 \text{ g/mol} \times 0,25 \text{ L} \\ &= 1,00 \text{ g} \end{aligned}$$

Jadi, banyaknya serbuk boraks yang ditimbang adalah 1,00 gram.

L.5.5 Larutan pengawet borat (b/v)

bilangan valensi $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ = 2

bilangan valensi H_3BO_3 = 3

misal : $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ = a

H_3BO_3 = b

berat ekuivalen a = $\frac{\text{Mr a}}{\text{valensi a}}$ x massa campuran (g)

$$\frac{\text{Mr a}}{\text{valensi a}} + \frac{\text{Mr b}}{\text{valensi b}}$$

berat ekuivalen b = $\frac{\text{Mr a}}{\text{valensi a}}$ x massa campuran (g)

$$\frac{\text{Mr a}}{\text{valensi a}} + \frac{\text{Mr b}}{\text{valensi b}}$$

sesuai dengan persamaan di atas, berat asam borat dan boraks untuk setiap konsentrasi dicantumkan pada L.5.5.1 sampai dengan L.5.5.4.

L.5.5.1 Larutan pengawet borat 4%

Untuk membuat larutan borat 4% sebanyak 500 mL, maka:

$$\text{massa } \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O} = \frac{190,523}{211,116} \times 20 \text{ g} = 18,05 \text{ g}$$

$$\text{massa } \text{H}_3\text{BO}_3 = \frac{20,593}{211,116} \times 20 \text{ g} = 1,95 \text{ g}$$

L.5.5.2 Larutan pengawet borat 6%

Untuk membuat larutan borat 6% sebanyak 500 mL, maka:

$$\text{massa } \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O} = \frac{190,523}{211,116} \times 30 \text{ g} = 27,07 \text{ g}$$

$$\text{massa } \text{H}_3\text{BO}_3 = \frac{20,593}{211,116} \times 30 \text{ g} = 2,93 \text{ g}$$

L.5.5.3 Larutan pengawet borat 8%

Untuk membuat larutan borat 8% sebanyak 500 mL, maka:

$$\text{massa } \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O} = \frac{190,523}{211,116} \times 40 \text{ g} = 36,10 \text{ g}$$

$$\text{massa H}_3\text{BO}_3 = \frac{20,593}{211,116} \times 40 \text{ g} = 3,90 \text{ g}$$

L.5.5.4 Larutan pengawet borat 10%

Untuk membuat larutan borat 10% sebanyak 500 mL, maka:

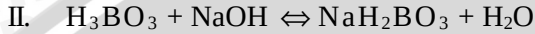
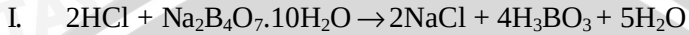
$$\text{massa Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O} = \frac{190,523}{211,116} \times 50 \text{ g} = 45,12 \text{ g}$$

$$\text{massa H}_3\text{BO}_3 = \frac{20,593}{211,116} \times 50 \text{ g} = 4,88 \text{ g}$$



LAMPIRAN 6. Contoh Perhitungan mol Boraks dan Asam Borat yang berdifusi pada berbagai Konsentrasi

Untuk menghitung jumlah mol ion $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ dan BO_3^{3-} yang berdifusi, digunakan persamaan reaksi :



Persamaan reaksi I digunakan untuk menghitung jumlah mol ion $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ yang berdifusi, sebagai contoh pada pengamatan I untuk larutan pengawet borat 4% (b/v) :

$$\begin{aligned}\text{mol HCl} &= M \times V_{\text{titrasi awal}} \\ &= 0,1093 \text{ M} \times 4,20 \text{ mL} \\ &= 0,4591 \text{ mmol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{mol B}_4\text{O}_7^{2-} \text{ awal} &= \frac{\text{mol HCl}}{2} \\ &= \frac{0,4591 \text{ mmol}}{2} \times \frac{50 \text{ mL}}{10 \text{ mL}} \\ &= 1,1477 \text{ mmol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{mol B}_4\text{O}_7^{2-} \text{ awal} &= 1,1477 \text{ mmol} \times \frac{480 \text{ mL}}{10 \text{ mL}} \\ &= 55,09 \text{ mmol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{mol HCl} &= M \times V_{\text{titrasi akhir}} \\ &= 0,1093 \text{ M} \times 3,20 \text{ mL} \\ &= 0,3497 \text{ mmol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{mol B}_4\text{O}_7^{2-} \text{ akhir} &= \frac{\text{mol HCl}}{2} \\ &= \frac{0,3497 \text{ mmol}}{2} \times \frac{50 \text{ mL}}{10 \text{ mL}} \\ &= 0,8744 \text{ mmol}\end{aligned}$$

$$\text{mol B}_4\text{O}_7^{2-} \text{ akhir} = 0,8744 \text{ mmol} \times \frac{500 \text{ mL}}{10 \text{ mL}}$$

$$\begin{aligned}
 &= 43,72 \text{ mmol} \\
 \text{mol } \text{B}_4\text{O}_7^{2-} \text{ yang berdifusi} &= \text{mol awal} - \text{mol akhir} \\
 &= (55,09 - 43,72) \text{ mmol} \\
 &= 11,37 \text{ mmol}
 \end{aligned}$$

Jumlah mol ion BO_3^{3-} yang dihasilkan dari persamaan reaksi I akan bergabung dengan BO_3^{3-} yang ada di dalam larutan sehingga dari persamaan I diperoleh mol BO_3^{3-} :

$$\begin{aligned}
 \text{mol } \text{BO}_3^{3-} &= 2 \times \text{mol HCl} \\
 &= 2 \times 0,3497 \text{ mmol} \\
 &= 0,6994 \text{ mmol} \times \frac{50 \text{ mL}}{10 \text{ mL}} \\
 &= 3,497 \text{ mmol}
 \end{aligned}$$

$$\text{mol } \text{BO}_3^{3-} = 3,497 \text{ mmol} \times \frac{500 \text{ mL}}{10 \text{ mL}} = 174,85 \text{ mmol}$$

Jumlah mol ion BO_3^{3-} total yang ada di dalam larutan dapat dihitung dari persamaan reaksi II sehingga :

$$\begin{aligned}
 \text{mol NaOH} &= M \times V_{\text{titrasi}} \\
 &= 0,1 \text{ N} \times 3,95 \text{ mL} \\
 &= 0,395 \text{ mmol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{mol } \text{BO}_3^{3-} &= \text{mol NaOH} = 0,395 \text{ mmol} \\
 &= 0,395 \text{ mmol} \times \frac{50 \text{ mL}}{5 \text{ mL}} \\
 &= 3,95 \text{ mmol}
 \end{aligned}$$

$$\text{mol } \text{BO}_3^{3-} = 3,95 \text{ mmol} \times \frac{500 \text{ mL}}{10 \text{ mL}} = 197,5 \text{ mmol}$$

$$\text{mol } \text{BO}_3^{3-} \text{ akhir} = (197,50 - 174,85) \text{ mmol}$$

$$= 22,65 \text{ mmol}$$

mol BO_3^{3-} yang berdifusi = mol awal – mol akhir

$$= \frac{1,95 \text{ g}}{61,78 \text{ g/mol}} - 22,65 \text{ mmol}$$

$$= 8,80 \text{ mmol}$$

Tabel L.6.1 Hasil perhitungan jumlah ion $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ yang berdifusi

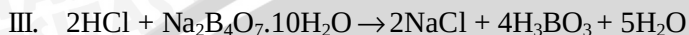
konsentrasi (b/v)	$\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ (mmol)			rata-rata (mmol)
4%	11,40	11,30	11,40	11,37
6%	19,10	20,40	19,10	19,53
8%	30,30	29,00	30,30	29,87
10%	45,00	40,80	44,20	43,33
total			104,10	

Tabel L.6.2 Hasil perhitungan jumlah ion BO_3^{3-} yang berdifusi

konsentrasi (b/v)	BO_3^{3-} (mmol)			rata-rata (mmol)
4%	8,80	16,90	1,50	9,07
6%	23,50	28,30	14,80	22,20
8%	47,50	42,80	37,30	42,53
10%	64,70	56,10	57,60	59,47
total			133,27	

LAMPIRAN 7. Contoh Perhitungan mol Boraks dan Asam Borat yang berdifusi pada variasi Lama Simpan

Untuk menghitung jumlah mol ion $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ dan BO_3^{3-} yang berdifusi, digunakan persamaan reaksi :



Persamaan reaksi I digunakan untuk menghitung jumlah mol ion $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ yang berdifusi, sebagai contoh pada pengamatan I untuk larutan pengawet borat pada lama simpan 24 jam :

$$\begin{aligned}\text{mol HCl} &= M \times V_{\text{titrasi awal}} \\ &= 0,1093 \text{ M} \times 10,30 \text{ mL} \\ &= 1,1258 \text{ mmol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{mol B}_4\text{O}_7^{2-}{}_{\text{awal}} &= \frac{\text{mol HCl}}{2} \\ &= \frac{1,1258 \text{ mmol}}{2} \times \frac{50 \text{ mL}}{10 \text{ mL}} \\ &= 2,8145 \text{ mmol} \times \frac{490 \text{ mL}}{10 \text{ mL}} \\ &= 137,91 \text{ mmol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{mol HCl} &= M \times V_{\text{titrasi akhir}} \\ &= 0,1093 \text{ M} \times 7,15 \text{ mL} \\ &= 0,7815 \text{ mmol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{mol B}_4\text{O}_7^{2-}{}_{\text{akhir}} &= \frac{\text{mol HCl}}{2} \\ &= \frac{0,7815 \text{ mmol}}{2} \times \frac{50 \text{ mL}}{10 \text{ mL}} \\ &= 1,9537 \text{ mmol} \times \frac{500 \text{ mL}}{10 \text{ mL}} \\ &= 97,68 \text{ mmol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{mol } \text{B}_4\text{O}_7^{2-} \text{ yang berdifusi} &= \text{mol awal} - \text{mol akhir} \\
 &= (137,91 - 97,68) \text{ mmol} \\
 &= 40,20 \text{ mmol}
 \end{aligned}$$

Jumlah mol ion BO_3^{3-} yang dihasilkan dari persamaan reaksi I akan bergabung dengan BO_3^{3-} yang ada di dalam larutan sehingga dari persamaan I diperoleh mol BO_3^{3-} :

$$\begin{aligned}
 \text{mol } \text{BO}_3^{3-} &= 2 \times \text{mol HCl} \\
 &= 2 \times 0,7815 \text{ mmol} \\
 &= 1,563 \text{ mmol} \times \frac{50 \text{ mL}}{10 \text{ mL}} \\
 &= 7,815 \text{ mmol} \times \frac{500 \text{ mL}}{10 \text{ mL}} = 390,75 \text{ mmol}
 \end{aligned}$$

Jumlah mol ion BO_3^{3-} total yang ada di dalam larutan dapat dihitung dari persamaan reaksi II sehingga :

$$\begin{aligned}
 \text{mol NaOH} &= M \times V_{\text{titrasi}} \\
 &= 0,1 \text{ N} \times 8,45 \text{ mL} \\
 &= 0,845 \text{ mmol} \\
 \text{mol } \text{BO}_3^{3-} &= \text{mol NaOH} = 0,845 \text{ mmol} \\
 &= 0,845 \text{ mmol} \times \frac{50 \text{ mL}}{5 \text{ mL}} \\
 &= 8,45 \text{ mmol} \times \frac{500 \text{ mL}}{10 \text{ mL}} \\
 &= 422,50 \text{ mmol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{mol } \text{BO}_3^{3-} \text{ akhir} &= (422,50 - 390,75) \text{ mmol} \\
 &= 31,75 \text{ mmol}
 \end{aligned}$$

mol BO_3^{3-} yang berdifusi = mol awal – mol akhir

$$= \frac{4,88 \text{ g}}{61,78 \text{ g/mol}} - 31,75 \text{ mmol}$$

$$= 47,20 \text{ mmol}$$

Tabel L.7.1 Hasil perhitungan jumlah ion $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ yang berdifusi

lama simpan (jam)	$\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ (mmol)			rata-rata (mmol)
24	40,20	42,30	38,90	40,47
48	40,20	41,00	37,50	39,57
72	37,50	38,90	37,50	37,97
96	38,10	39,60	38,20	38,63
120	38,90	39,60	38,20	38,90
total				195,53

Tabel L.7.2 Hasil perhitungan jumlah ion BO_3^{3-} yang berdifusi

lama simpan (jam)	BO_3^{3-} (mmol)			rata-rata (mmol)
24	47,20	39,50	45,20	43,97
48	44,90	37,20	47,90	43,33
72	45,60	45,20	56,30	49,03
96	48,40	47,40	38,10	44,63
120	35,40	40,20	30,40	35,33
total				216,30

LAMPIRAN 8. Data Hasil Penelitian

L.8.1 Perubahan pH larutan pengawet borat setelah proses difusi pada berbagai konsentrasi

Tabel L.8.1.1 Pengamatan I

konsentrasi (b/v)		4%	6%	8%	10%
pH	awal	9,49	9,54	9,64	9,70
	akhir	9,10	9,09	9,05	9,05
V larutan pengawet(mL)	awal	480	480	480	480
	akhir	460	449	438	434
V _{HCl} (mL)	awal I	4,20	6,20	8,40	10,40
	II	4,20	6,20	8,30	10,40
	rata	4,20	6,20	8,35	10,40
	akhir I	3,20	4,60	5,80	6,60
	II	3,20	4,50	5,80	6,60
	rata	3,20	4,55	5,80	6,60
V _{NaOH} (mL)	I	4,00	5,40	6,60	7,60
	II	3,90	5,50	6,70	7,40
	rata	3,95	5,45	6,65	7,50

Tabel L.8.1.2 Pengamatan II

konsentrasi (b/v)		4%	6%	8%	10%	
pH	awal	9,49	9,56	9,70	9,72	
	akhir	9,13	9,10	9,04	9,01	
V larutan pengawet(mL)	awal	480	480	480	480	
	akhir	464	444	440	432	
V HCl (mL)	awal	I	4,30	6,20	8,30	10,40
		II	4,30	6,30	8,30	10,20
		rata	4,30	6,25	8,30	10,30
	akhir	I	3,30	4,50	5,80	6,90
		II	3,30	4,50	5,90	6,90
		rata	3,30	4,50	5,85	6,90
V NaOH (mL)	I	3,80	5,30	6,90	7,90	
	II	4,00	5,30	6,70	8,10	
	rata	3,90	5,30	6,80	8,00	

Tabel L.8.1.3 Pengamatan III

konsentrasi (b/v)		4%	6%	8%	10%	
pH	awal	9,50	9,56	9,65	9,71	
	akhir	9,11	9,09	9,04	9,05	
V larutan pengawet(mL)	awal	480	480	480	480	
	akhir	462	447	435	438	
V HCl (mL)	awal	I	4,20	6,20	8,30	10,40
		II	4,20	6,20	8,30	10,30
		rata	4,20	6,20	8,30	10,35
	akhir	I	3,20	4,50	5,80	6,70
		II	3,20	4,60	5,70	6,70
		rata	3,20	4,55	5,75	6,70
V NaOH (mL)	I	4,00	5,50	6,90	7,70	
	II	4,20	5,40	6,70	7,80	
	rata	4,10	5,45	6,80	7,75	

L.8.2 Perubahan pH larutan pengawet borat setelah proses difusi pada variasi lama simpan batang bambu

Tabel L.8.2.1 Pengamatan I

lama simpan (jam)		24	48	72	96	120	
pH	awal	9,71	9,74	9,73	9,76	9,73	
	akhir	9,18	9,29	9,42	9,42	9,49	
V larutan pengawet(mL)	awal	490	490	490	490	490	
	akhir	463	464	465	460	470	
V HCl (mL)	awal	I	10,30	10,40	10,30	10,40	10,30
		II	10,30	10,30	10,30	10,40	10,40
		rata	10,30	10,35	10,30	10,40	10,35
	akhir	I	7,10	7,20	7,40	7,40	7,40
		II	7,20	7,20	7,30	7,40	7,20
		rata	7,15	7,20	7,35	7,40	7,30
V NaOH (mL)	I	8,40	8,60	8,70	8,80	8,80	
	II	8,50	8,50	8,70	8,60	8,90	
	rata	8,45	8,55	8,70	8,70	8,85	

Tabel L.8.2.2 Pengamatan II

lama simpan (jam)		24	48	72	96	120	
pH	awal	9,75	9,73	9,70	9,75	9,72	
	akhir	9,20	9,29	9,40	9,42	9,51	
V larutan pengawet(mL)	awal	490	490	490	490	490	
	akhir	463	466	467	470	471	
V HCl (mL)	awal	I	10,40	10,4	10,3	10,30	10,30
		II	10,40	10,3	10,3	10,30	10,40
		rata	10,40	10,35	10,3	10,30	10,35
	akhir	I	7,10	7,20	7,20	7,20	7,30
		II	7,10	7,10	7,30	7,20	7,20
		rata	7,10	7,15	7,25	7,20	7,25
V NaOH (mL)	I	8,50	8,60	8,60	8,50	8,80	
	II	8,60	8,70	8,60	8,60	8,60	
	rata	8,55	8,65	8,60	8,55	8,70	

Tabel L.8.2.3 Pengamatan III

lama simpan (jam)		24	48	72	96	120	
pH	awal	9,73	9,75	9,75	9,74	9,77	
	akhir	9,23	9,32	9,46	9,40	9,49	
V larutan pengawet(mL)	awal	490	490	490	490	490	
	akhir	467	455	462	467	466	
V HCl (mL)	awal	I	10,30	10,20	10,30	10,40	10,20
		II	10,30	10,30	10,30	10,30	10,30
		rata	10,30	10,25	10,30	10,35	10,25
	akhir	I	7,30	7,40	7,30	7,30	7,30
		II	7,20	7,20	7,40	7,40	7,30
		rata	7,25	7,30	7,35	7,35	7,30
V NaOH (mL)	I	8,60	8,50	8,70	8,80	9,00	
	II	8,60	8,70	8,70	8,90	8,90	
	rata	8,60	8,60	8,70	8,85	8,95	

Tabel L.8.3 Data jarak tempuh difusi larutan pengawet borat pada batang bambu variasi konsentrasi

Sampel bambu	konsentrasi (b/v)			
	4%	6%	8%	10%
1	3,00 mm	3,50 mm	3,50 mm	4,00 mm
2	3,33 mm	3,05 mm	3,98 mm	5,02 mm
3	3,37 mm	3,87 mm	4,81 mm	4,92 mm
rata-rata	3,23 mm	3,47 mm	4,09 mm	4,65 mm

Tabel L.8.4 Data jarak tempuh difusi larutan pengawet borat pada batang bambu variasi lama simpan

Sampel bambu	lama simpan (jam)				
	24	48	72	96	120
1	2,02 mm	2,38 mm	2,00 mm	2,00 mm	1,96 mm
2	2,36 mm	2,14 mm	1,62 mm	2,00 mm	1,62 mm
3	2,50 mm	2,00 mm	2,17 mm	2,15 mm	1,50 mm
rata-rata	2,29 mm	2,17 mm	1,93 mm	2,05 mm	1,69 mm

LAMPIRAN 9. Uji Statistika

Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi larutan pengawet borat terhadap laju difusi ion boraks dan asam borat ke dalam bambu, data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan analisis ragam pola Rancangan Acak Lengkap (RAL).

Tabel L.9.1 Data pengaruh konsentrasi larutan pengawet borat terhadap laju difusi ion $B_4O_7^{2-}$ ke dalam bambu

konsentrasi (b/v)	$B_4O_7^{2-}$ (mmol $mm^{-1}jam^{-1}$)			rata-rata
4%	0,1583	0,1414	0,1409	0,1466
6%	0,2274	0,2787	0,2056	0,2346
8%	0,3607	0,3036	0,2625	0,3043
10%	0,4688	0,3386	0,3743	0,3883
total				1,0738

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh perlakuan, maka dilakukan uji F pada tingkat kepercayaan 95% dengan menggunakan program Minitab 14.13 sebagai berikut :

**One-way ANOVA: konsentrasi 4%; konsentrasi 6%;
konsentrasi 8%; konsentrasi 10%**

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	3	0,09926	0,03309	15,65	0,001
Error	8	0,01692	0,00211		
Total	11	0,11617			

S = 0,04599 R-Sq = 85,44% R-Sq(adj) = 79,98%

Individual Level	95% CIs	For Mean	Based on Pooled StDev
N	Mean	StDev	
konsentrasi 4%	3	0,14689	0,00991
konsentrasi 6%	3	0,23724	0,03751
konsentrasi 8%	3	0,30893	0,04934
konsentrasi 10%	3	0,39391	0,06723
0,10	0,20	0,30	0,40

Pooled StDev = 0,04599

$F_{\text{tabel}} = 4.07$

Untuk menghitung beda nyata tiap perlakuan, maka dibuat hipotesis nol statistik (H_0) dan hipotesis alternatif (H_1) sebagai

berikut :

H_0 : tidak ada pengaruh perlakuan terhadap laju difusi ion boraks atau borat

H_1 : minimum 1 pasang pengaruh perlakuan menunjukkan perbedaan

Berdasarkan hasil di atas, diketahui bahwa $F_{hitung} > F_{tabel}$ untuk $\alpha=0,05$ sehingga H_0 ditolak. Hal ini berarti ada perbedaan nyata pengaruh konsentrasi larutan pengawet borat terhadap laju difusi ion $B_4O_7^{2-}$ ke dalam bambu

Tabel L.9.2 Data pengaruh konsentrasi larutan pengawet borat terhadap laju difusi ion BO_3^{3-} ke dalam bambu

konsentrasi (b/v)	BO_3^{3-} (mmol mm ⁻¹ jam ⁻¹)			rata-rata
4%	0,1222	0,2115	0,0185	0,1170
6%	0,2798	0,3866	0,1593	0,2666
8%	0,5655	0,4481	0,3231	0,4333
10%	0,6740	0,4656	0,4878	0,5329
	total			1,3498

**One-way ANOVA: konsentrasi 4%; konsentrasi 6%;
konsentrasi 8%; konsentrasi 10%**

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	3	0,3173	0,1058	8,46	0,007
Error	8	0,1001	0,0125		
Total	11	0,4174			

$S = 0,1118$ $R-Sq = 76,03\%$ $R-Sq(adj) = 67,04\%$

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev				
Level	N	Mean	StDev	
konsentrasi 4%	3	0,1174	0,0965	
konsentrasi 6%	3	0,2752	0,1137	
konsentrasi 8%	3	0,4456	0,1212	
konsentrasi 10%	3	0,5425	0,1144	
0,00	0,20	0,40	0,60	

Pooled StDev = 0,1118

$F_{tabel} = 4.07$

Berdasarkan hasil di atas, diketahui bahwa $F_{hitung} > F_{tabel}$ untuk $\alpha=0,05$ sehingga H_0 ditolak. Hal ini berarti ada perbedaan

nyata pengaruh konsentrasi larutan pengawet borat terhadap laju difusi ion BO_3^{3-} ke dalam bambu.

One-way ANOVA: konsentrasi 4% boraks; konsentrasi 4% borat

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	0,0000000	0,0000000	0,29	0,616
Error	4	0,0000000	0,0000000		
Total	5	0,0000000			

S = 0,00006571 R-Sq = 6,85% R-Sq(adj) = 0,00%

Level	N	Mean	StDev
konsentrasi 4% b	3	0,00014286	0,00001342
konsentrasi 4% b	3	0,00011376	0,00009196

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
 0,000060 0,000120 0,000180 0,000240
 Pooled StDev = 0,00006571

bahwa nilai $P > 0,05$ sehingga laju difusi boraks dan borat pada konsentrasi 4% tidak berbeda nyata

One-way ANOVA: konsentrasi 6% boraks; konsentrasi 6% borat

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	0,0000000	0,0000000	0,28	0,622
Error	4	0,0000000	0,0000000		
Total	5	0,0000000			

S = 0,00008978 R-Sq = 6,64% R-Sq(adj) = 0,00%

Level	N	Mean	StDev
konsentrasi 6% b	3	0,00023656	0,00004293
konsentrasi 6% b	3	0,00027566	0,00011950

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
 0,00010 0,00020 0,00030 0,00040
 Pooled StDev = 0,00008978

bahwa nilai $P > 0,05$ sehingga laju difusi boraks dan borat pada konsentrasi 6% tidak berbeda nyata

Tabel L.9.3 Data pengaruh lama simpan bambu terhadap laju difusi ion $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ ke dalam bambu

lama simpan (jam)	$\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ (mmol $\text{mm}^{-1}\text{jam}^{-1}$)			rata-rata
24	0,8292	0,7468	0,6483	0,7363
48	0,7038	0,7983	0,7813	0,7597
72	0,7813	1,0005	0,7200	0,8197
96	0,7938	0,8250	0,7403	0,7852
120	0,8270	1,0185	1,0611	0,9591
total				4,0600

One-way ANOVA: 24 jam; 48 jam; 72 jam; 96 jam; 120 jam

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0,09933	0,02483	2,49	0,110
Error	10	0,09975	0,00998		
Total	14	0,19908			

$S = 0,09988$ $R\text{-Sq} = 49,89\%$ $R\text{-Sq}(\text{adj}) = 29,85\%$

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
24 jam	3	0,7415	0,0906
48 jam	3	0,7611	0,0504
72 jam	3	0,8339	0,1475
96 jam	3	0,7864	0,0428
120 jam	3	0,9689	0,1247

Pooled StDev = 0,0999

$F_{\text{tabel}} = 3.48$

Berdasarkan hasil di atas, diketahui bahwa $F_{\text{hitung}} < F_{\text{tabel}}$ untuk $\alpha=0,05$ sehingga H_0 diterima. Hal ini berarti tidak ada perbedaan nyata pengaruh lama simpan bambu terhadap laju difusi ion $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ ke dalam bambu.

Tabel L.9.4 Data pengaruh lama simpan bambu terhadap laju difusi ion BO_3^{3-} ke dalam bambu

lama simpan (jam)	BO_3^{3-} ($\text{mol mm}^{-1}\text{jam}^{-1}$)			rata-rata
24	0,9736	0,6974	0,7533	0,8000
48	0,7861	0,7243	0,9979	0,8321
72	0,9500	1,1626	1,0810	1,0586
96	1,0083	0,9875	0,7384	0,9072
120	0,7526	1,0340	0,8444	0,8711
			total	4,4690

One-way ANOVA: 24 jam; 48 jam; 72 jam; 96 jam; 120 jam

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0,1208	0,0302	1,56	0,258
Error	10	0,1931	0,0193		
Total	14	0,3139			

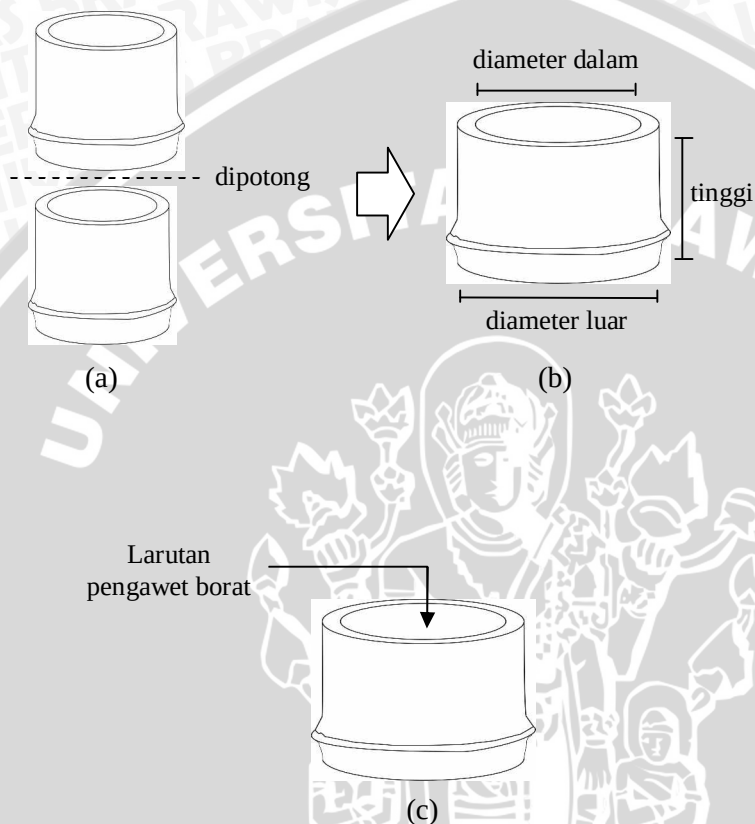
S = 0,1390 R-Sq = 38,47% R-Sq(adj) = 13,86%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev				
Level	N	Mean	StDev	
24 jam	3	0,8081	0,1460	
48 jam	3	0,8361	0,1435	
72 jam	3	1,0645	0,1072	
96 jam	3	0,9114	0,1502	
120 jam	3	0,8770	0,1435	
0,64	0,80	0,96		1,12
Pooled StDev = 0,1390				

$F_{\text{tabel}} = 3.48$

Berdasarkan hasil di atas, diketahui bahwa $F_{\text{hitung}} < F_{\text{tabel}}$ untuk $\alpha=0,05$ sehingga H_0 diterima. Hal ini berarti tidak ada perbedaan nyata pengaruh lama simpan bambu terhadap laju difusi ion BO_3^{3-} ke dalam bambu.

LAMPIRAN 10. Gambar preparasi sampel bambu betung



keterangan :

- setiap ruas bambu dipotong pada bagian bawah buku
- dimensi bambu diukur untuk mengetahui volume bambu
- larutan pengawet borat diisikan ke bagian dalam bambu (rendaman dalam)